

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE
LA EDUCACIÓN



TESIS DOCTORAL

MUSEOS Y CENTROS DE CIENCIA VIRTUALES.
COMPLEMENTACIÓN Y POTENCIACIÓN DEL
APRENDIZAJE DE CIENCIAS A TRAVÉS DE
EXPERIMENTOS VIRTUALES

MARCELO SABBATINI

Dirigida por:
Dr. Miguel Ángel Quintanilla Fisac
Dr. Joaquín García Carrasco

Salamanca, 2004

Resumen

El presente trabajo trata de averiguar cómo los museos virtuales aplicados al campo de la museología científica pueden complementar y potenciar su labor en la promoción de la comprensión pública de la ciencia y la tecnología y de la alfabetización científica, analizando de forma crítica las posibilidades y limitaciones únicas de este medio.

En la primera parte se realiza una revisión del estado de la cuestión, empezando por las distintas características de lo “virtual” y de lo “real” como base para la discusión sobre la aplicación de los espacios virtuales de aprendizaje. Se investiga el desarrollo histórico, objetivos, y problemas través de los cuales se materializa la divulgación científica como proyecto compartido con los museos y centros interactivos de ciencia para alcanzar una cultura científica generalizada. Se hace particular hincapié en los conceptos y prácticas que subyacen en la educación de ciencias y al aprendizaje en el museo, aplicando estos mismos conceptos en relación al museo virtual, como desencadenante de acciones pedagógicas específicas del entorno digital. Por último, se analiza el concepto de objeto de aprendizaje como forma de compartir recursos y de mejorar la misión educativa de los museos.

En la segunda parte, a través de una investigación experimental se determina la situación de los museos virtuales en Iberoamérica, Espanha y Portugal, averiguando como se plantean la realización de las acciones del museo en el ámbito digital.

Por último, en la tercera parte se propone la implementación de un Escaparate Digital de Recursos Multimedia en Ciencia y Tecnología, una herramienta tecnológica para la realización de acciones para la alfabetización científica y el aprendizaje en los museos y centros interactivos de ciencia.

La convergencia entre objetos de aprendizaje, repositorios digitales y museos virtuales se presenta como oportunidad de impulsar la misión educativa de museos, relacionándolos más estrechamente con el sistema educativo formal. En conclusión, los museos virtuales abren innumerables posibilidades de acceso a manifestaciones y creaciones culturales, creando experiencias únicas del ámbito digital que justifican su concepción, al tiempo que complementan de manera relevante las posibilidades de formación con la utilización de tecnologías informáticas aplicadas al ámbito de la educación de las ciencias.

Abstract

The present work inquires on how virtual museums, applied to science museology, can complement and harness science museums and interactive science centre's labour in promoting public understanding of science and technology and scientific literacy, examining in a critical way which are the unique possibilities of this medium.

In the first part, we make a revision of the state of art, beginning from the different characteristics of "virtual" and "real" as a discussion basis for virtual learning spaces implementation. We research the way public understanding of science's historical development, aims and difficulties shape its development, as a shared project with science museums and interactive science centres, in order to reach a generalized scientific culture. Special emphasis is put in concepts and practices that underlie science education and learning in the museum, and to applying these same concepts to the virtual museum, understood here as a triggering factor for specific pedagogical actions in digital domain. At last, we investigate the learning object concept, as a mean to share resources and boost museums' educational mission.

In the second part, through an experimental research design, we determine the virtual museums situation in Latin America, Spain and Portugal, inquiring on how its museums are bringing up this question and performing their actions in the digital domain.

Lastly, in the third part, we propose a Digital Repository on Science and Technology Multimedia Resources, as a technological tool that would help promotion of scientific literacy and learning in virtual museums.

The convergence between learning objects, digital repositories and virtual museums presents itself as an opportunity to harness the museum's educational mission, relating them to the formal educational system. In conclusion, virtual museums open many opportunities of access to cultural works, being an own and unique experience in the digital domain and justifying its conception. At the same time, they complement in a relevant manner the educational use of computer technologies applied to science education.

Resumo

O presente trabalho trata de averiguar como os museus virtuais aplicados ao campo da museologia científica podem complementar e potencializar seu papel na promoção da compreensão pública da ciência e da tecnologia e da alfabetização científica, analisando de forma crítica as possibilidades e limitações únicas deste meio.

Na primeira parte, realiza-se uma revisão do estado da arte, começando pelas distintas características do “virtual” e do “real” como base para a discussão sobre a aplicação dos espaços virtuais de aprendizagem. Investiga-se o desenvolvimento histórico, objetivos e problemas através dos quais se materializa a divulgação científica como projeto compartilhado com os museus e centros interativos de ciência para alcançar uma cultura científica generalizada. Faz-se particular insistência nos conceitos e práticas que subjazem à educação de ciências e à aprendizagem no museu, aplicando estes mesmos conceitos ao museu virtual, como fator desencadeador de ações pedagógicas próprias do ambiente digital. Por último, analisa-se o conceito de objeto de aprendizagem, como forma de compartilhar recursos e de melhorar a missão educativa dos museus.

Na segunda parte, através de uma investigação experimental se determina a situação dos museus virtuais na América Latina, Espanha e Portugal, averiguando como se propõe a realização das ações do museu no âmbito digital.

Por último, na terceira parte se propõe a implementação de um Repositório Digital de Recursos Multimídia em Ciência e Tecnologia, uma ferramenta tecnológica para a realização de ações de alfabetização científica e aprendizagem nos museus e centros interativos de ciência.

A convergência entre objetos de aprendizagem, repositórios digitais e museus virtuais se apresenta como oportunidade de impulsionar a missão educativa dos museus, relacionando-os mais estreitamente com o sistema educativo formal. Em conclusão, os museus virtuais abrem inumeráveis possibilidades de acesso a manifestações e criações culturais, criando experiências únicas do âmbito digital que justificam sua concepção, ao tempo que complementam de maneira relevante as possibilidades de formação com a utilização de tecnologias informáticas aplicadas ao âmbito da educação das ciências.

Dedicatoria

A mi madre Rejane y mi padre Renato, que me han abierto el mundo.

Agradecimientos

A la Junta de Castilla y León y su Dirección General de Universidades e Investigación y a la Fundación General de la Universidad de Salamanca, por el apoyo y financiación al proyecto Novatores, lo cual me ha permitido desarrollar parte de las actividades de investigación.

Al Dr. Miguel Ángel Quintanilla, director de tesis, inspiración académica, jefe y amigo, muchas gracias por la confianza depositada y por su acogida.

Al también director de tesis, Dr. Joaquín García Carrasco, gracias por su apuesta en mí y por los siempre perspicaces y precisos comentarios.

A mi familia: mi madre Rejane, mi padre Renato, mi hermano Alexandre y Laís, mi abuela Virginia, mi abuelo João Baptista, Olga, a tíos y primos, por el apoyo desde lejos; perdonad mi larga ausencia.

A Betania Maciel, a quien agradezco de todas formas posibles y a todo tipo de contribución: gracias por su compañía y estímulo a lo largo de mi trayectoria académica; pero mucho más por el cariño y amor, por la amistad y por su fe incondicional en mí.

A cuatro grandes maestros, con cariño: Manuel Calvo Hernando, Wilson da Costa Bueno, Isaac Epstein y Pierre Fayard.

A los muchos profesores e investigadores de la Universidad de Salamanca; en especial a Alfonso Bravo, Bruno Maltrás, Fernando Broncano, Jesús Vega, Ana Cuevas, M^a Dolores González, Angela Barrón y Francisco García Peñalvo.

A Sonia Martín Cerro, por inestimable ayuda y apoyo durante mi colaboración con el Master Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y durante los cursos de doctorado. Y a Pilar López de Morales por la atención y simpatía constantes.

A Cristóbal Suárez Guerrero, por la amistad y por su auxilio e incentivo en mi acercamiento a la investigación en teoría educativa. Asimismo gracias a Carmelo Polino, Óscar Montañés, y María Auxiliadora Camargo de Castro, por la amistad e intercambio de ideas.

A los compañeros del proyecto Novatores, Esther Palacios, Ana Victoria Pérez, Ignacio Coll, Pedro Gómez y Rodrigo Borrego, por la convivencia enriquecedora. Y a Rosa Fernández, por la ayuda singular en la revisión de este trabajo.

A los alumnos del Master CTS y a muchos otros colaboradores que con su trabajo y dedicación me han ayudado hacer de Infociencia.Net una realidad.

A Herminio Martin Romero, por la oportunidad ofrecida, que sin duda han contribuido a mi desarrollo profesional. A Isaac Cuadrado Rivas, por instigarme siempre. Asimismo a todos los profesionales y personas con quien he convivido en este período.

A René Mora Rosendal, por la convivencia y sus intentos en desviarme de la seriedad.

A los amigos de toda la vida, que ciertamente desde Brasil han estado presentes y han deseado mi éxito. Mi reconocimiento especial a Eduardo Macatti y su familia, por el auxilio y la preocupación demostrados en una hora muy oscura.

A Salamanca y a su gente, que siempre me han acogido como uno hijo suyo más.

Índice

<i>Prólogo</i>	1
<i>Introducción</i>	3
 <i>Parte I – Museos y centros de ciencia: hacia la virtualidad</i>	
Capítulo 1 – El fenómeno de la virtualidad	9
1.1. Conceptos básicos	11
1.1.1. Los conceptos de virtual y el mundo que se convierte en museo.....	11
1.1.2. Los antecedentes literarios de la virtualidad	13
1.1.3. La simulación y la representación de la realidad	21
1.1.3.1. Desarrollo histórico	21
1.1.3.2. La realidad virtual.....	25
1.1.3.3. La simulación como proceso de construcción de realidades inaccesibles	27
1.1.4. Ciberespacio e infovirtualidad.....	31
1.2. Las relaciones entre “real” y “virtual”.....	33
1.3. Virtudes y riesgos de los entornos virtuales.....	40
1.3.1. Hiperrealidad y simulacro.....	40
1.3.2. La quiebra de la cultura.....	43
1.3.3. Tecnologías transparentes, tecnologías opacas	44
 Capítulo 2 – El movimiento de la comprensión pública de la ciencia y la tecnología	49
2.1. La imagen de la ciencia ante el público.....	54
2.2. Alfabetización y cultura científica.....	62
2.3. La divulgación de la ciencia.....	68
2.3.1. Los distintos niveles de la comunicación científica.....	68
2.3.2. Conceptualización, formatos y objetivos de la divulgación científica	72
2.3.3. Justificación de la alfabetización científica.....	78
2.3.4. Antecedentes y evolución.....	79
2.3.5. Periodismo científico	86
2.3.6. La comunicación de las controversias científicas y del riesgo	105
2.3.7. Otras actividades de divulgación.....	108
2.4. La participación del público en controversias científico-tecnológicas.....	115
 Capítulo 3 – Museos y centros de ciencia interactivos.....	121
3.1. El museo: conceptualización y tipología	122
3.2. Conceptualización de los museos y centros de ciencia	126
3.2.1. Objetivos y metas de los museos y centros de ciencia.....	129
3.2.2. El “objeto” en los museos y centros de ciencia interactivos	133
3.3. Desarrollo histórico	137
3.4. Panorama actual de la museología científica.....	141
3.5. La representación de la ciencia contemporánea.....	150
3.6. Tendencias en la museología científica.....	153
3.7. Desafíos de los museos y centros de ciencia en el siglo XXI.....	158
 Capítulo 4 – La función educativa de los museos y centros de ciencias	161
4.1. Enseñanza y aprendizaje de ciencias.....	162
4.1.1. La alfabetización científica y los procesos educativos	162
4.1.2. La reforma educativa en ciencias	165
4.1.3. Teorías y estrategias pedagógicas en la educación de ciencias.....	172
4.1.2.1. El aprendizaje investigativo.....	178
4.1.2.2. Las concepciones constructivistas del aprendizaje	184

4.1.3. Áreas de desarrollo del conocimiento científico.....	186
4.1.3.1. Cambio y adquisición de actitudes.....	187
4.1.3.2. La adquisición de procedimientos científicos.....	190
4.1.3.3. Adquisición de conceptos científicos.....	193
4.2. El aprendizaje en los museos y centros de ciencia.....	194
4.2.1. El concepto de educación informal.....	194
4.2.2. Teorías y evidencias del aprendizaje en el museo.....	198
4.2.3. Los objetos educativos en el museo.....	209
4.2.4. La interactividad y otros aspectos del aprendizaje en los centros de ciencia.....	212
Capítulo 5 – Museos virtuales en Internet.....	217
5.1. Definición y conceptualización del museo virtual.....	218
5.2. Definiciones y características del museo virtual.....	219
5.2.1. Características y tipología de los museos virtuales.....	219
5.2.2. Las relaciones entre el museo físico y el museo virtual.....	222
5.2.3. El aura y el valor del objeto real.....	224
5.2.4. Lo real y lo virtual en el museo: oposición y complementación.....	226
5.3. Los contenidos de los museos virtuales.....	228
5.3.1. El “folleto” electrónico.....	228
5.3.2. Colecciones y exposiciones en línea.....	231
5.3.3. Visitas virtuales y ambientes de realidad virtual.....	237
5.3.4. Materiales y actividades didácticas.....	238
5.3.5. Aplicaciones de banda ancha y media streaming.....	238
5.3.6. Aspectos de la interfaz: personalización, agentes inteligentes y accesibilidad.....	243
5.3.6.1. Personalización y agentes inteligentes.....	243
5.3.6.2. Accesibilidad.....	245
5.4. La interacción social en los museos virtuales.....	248
5.4.1. Visitas cooperativas.....	248
5.4.2. Las comunidades virtuales y la nueva voz del museo.....	252
5.5. Lo virtual dentro de lo real: el museo aumentado.....	256
5.5.1. Recursos multimedia en los museos.....	256
5.5.2. Los asistentes personales y realidad aumentada.....	257
5.5.3. La realidad virtual y las nuevas interfaces.....	260
5.6. Procedimientos operativos del museo virtual.....	266
5.6.1. Consorcios de museos y metacentros.....	266
5.6.2. El dominio “.museum”.....	268
5.6.3. Promoción del museo en Internet.....	270
5.6.4. Fuentes de financiación: comercio electrónico y patrocinio.....	275
5.6.5. La evaluación y estudios de visitantes en línea.....	277
Capítulo 6 – Enseñanza y aprendizaje en el museo virtual.....	285
6.1. El museo virtual como soporte didáctico.....	286
6.2. Experimentos y laboratorios virtuales.....	295
6.3. Planificación de la enseñanza y aprendizaje en los entornos virtuales.....	303
6.4. Proyectos y acciones en curso.....	321
6.5. Reflexiones críticas.....	328
Capítulo 7 – Objetos de aprendizaje.....	335
7.1. Conceptualización de objetos de aprendizaje.....	336
7.1.1 Estándares técnicos educativos.....	336
7.1.2. Motivación para la utilización de objetos de aprendizaje.....	341
7.1.3. Objetos de aprendizaje.....	345
7.1.3.1. Definición.....	345

7.1.3.2. La granularidad de los objetos de aprendizaje	348
7.1.3.3. La reutilización de los objetos de aprendizaje	350
7.1.3.4. La evaluación y la certificación de la calidad.....	353
7.2. Utilización pedagógica de los objetos de aprendizaje.....	353
7.3. Repositorios (almacenes o escaparates) de objetos de aprendizaje	362
7.4. Revisión de las iniciativas existentes	367

Parte II – Panorama de los museos científicos y centros de ciencia virtuales en Iberoamérica

Capítulo 8 – Análisis de los contenidos informativos y educativos.....	377
8.1. Introducción	378
8.2. Antecedentes y marco teórico.....	379
8.3. Metodología	382
8.4. Resultados	385
II. Información general sobre el museo virtual	385
III. Información general sobre el museo físico	400
IV. El museo virtual	413
V. Tecnologías utilizadas.....	424
8.5. Discusión.....	434

Parte III – Modelo conceptual de escaparate de objetos educativos orientado hacia la enseñanza en ciencias

Capítulo 9 – Escaparate Digital de Recursos Multimedia en Ciencia y Tecnología.....	439
9.1. Antecedentes	441
9.1.1. Proyectos relacionados	443
9.1.2. Descripción general del Escaparate.....	445
9.1.3. Rasgos distintivos del Escaparate.....	445
9.2. Metodología de la propuesta	457
9.3. La planificación creativa: propuesta del proyecto	450
9.3.1. Objetivos.....	450
9.3.2. Justificación	451
9.3.3. Audiencia	452
9.3.4. Claves para el éxito.....	452
9.3.5. Análisis de la competencia	453
9.3.6. Elementos diferenciadores.....	453
9.4. Planificación técnica	457
9.4.1. Requisitos de información: estándares y taxonomías educativas	457
9.4.2. Arquitectura de información.....	458
9.4.2.1 Contenidos	458
9.4.2.2. Servicios.....	458
9.4.3. Requisitos funcionales: modelo de casos de uso	460
9.4.3.1. Definición de actores.....	460
9.4.3.1. Modelos de casos de uso.....	461

<i>Conclusión</i>	481
-------------------------	-----

<i>Bibliografía</i>	493
<i>Anexo I – Instrumento de análisis heurístico</i>	533
<i>Anexo II – Relación de museos visitados</i>	537
<i>Anexo III – Taxonomías adoptadas</i>	545
<i>Anexo IV – Diagramas estructurales</i>	559

Prólogo

Este trabajo de tesis doctoral es la conclusión de algunos años de investigación académica a nivel superior, un proyecto personal de larga duración, en los cuales me he acercado a disciplinas tan distintas como son la comunicación social, la teoría de la educación y la tecnología informática. Sin embargo, a lo largo de este tiempo de trabajo se pueden distinguir tres grandes ejes temáticos, que han actuado como líneas orientadoras de mis intereses intelectuales: el conocimiento científico y técnico, su circulación social y el papel de las tecnologías de información y comunicación.

El primero de estos ejes, el conocimiento científico y técnico, se vincula a la noción de la ciencia como la mejor forma de indagación de la verdad que conocemos. Pero, pese a la evidente importancia de este conocimiento para el desarrollo económico y social, de su papel central en las sociedades modernas y de los beneficios oriundos de él, la ciencia y la técnica se ven de forma contradictoria por el conjunto de la sociedad. De un lado, una reacción romántica a la ciencia originada desde ciertos sectores intelectuales, unida al crecimiento del pensamiento místico bajo la forma de varias pseudociencias y supersticiones, pone a la ciencia en descrédito, con consecuencias que pueden ser muy graves. Cuando el presidente de un país afirma no creer en la existencia del virus del SIDA, no son sencillas las cuestiones que entran en juego.

Por otro, la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, en la historia reciente, ha causado también muchos daños y en un siglo que empieza bajo el signo de la ingeniería genética y de la biotecnología, las alarmas y las reservas éticas se levantan antes incluso de que las posibilidades se tornen realidad. Si por un lado el escepticismo es saludable, e incluso una parte constituyente de la ciencia, la verdadera cuestión es hacer participe a la sociedad en el desarrollo científico y técnico, pero de una forma informada y racional. Como dice Miguel Ángel Quintanilla, ya “no se trata de qué puede hacer la ciencia y la tecnología, sino de qué queremos hacer con ella”.

De ahí la necesidad del segundo eje, la circulación del conocimiento científico, tanto en el interior de la comunidad científica, como, y más importante aún, hacia fuera. En los círculos académicos, o mismos institucionales, son muchas las razones dadas para justificar la difusión del saber científico y técnico, sea a través de procesos comunicativos o a través de la educación. En última instancia, la mayoría de estos argumentos, por ejemplo el de que un ciudadano necesita conocer ciencia y técnica para saber actuar en una sociedad cada vez más dependiente de ellas, podrían compartirse con cualesquiera ramas de la actividad humana, por lo cual antes que hablar de periodismo, divulgación o comunicación pública de la ciencia, podríamos hablar sencillamente de la circulación social del conocimiento. No obstante, la ciencia guarda en su interior algo que

otros temas por sí solos no poseen, y que es la naturaleza misma del método científico, su capacidad de indagar, de dudar y de a partir de estas inquisiciones, buscar respuestas contrastables. De forma que el acercamiento y la familiaridad a los métodos de la ciencia y de su forma de pensamiento, a mi ver, resultan esenciales en cualquier ámbito de la vida.

En último lugar, tanto la ciencia y la técnica como su circulación social se han visto cambiadas en su misma naturaleza por un desarrollo técnico reciente, lo que se ha llamado nuevas tecnologías de la información y comunicación (lo de “nuevas” cae en desuso poco a poco) y que se materializa (el juego de palabras es intencionado) principalmente en la forma de Internet. Aunque se viertan ríos de tinta (y nuevamente una paradoja: especialmente “tinta digital”), acerca de las consecuencias y significados de la virtualidad, este fenómeno ciertamente a la vez que se hace más presente y cercano, también advierte nuevas posibilidades de expresión y de generación del conocimiento. Motivo por el cual los ejes anteriores se ven ineludiblemente afectados.

También cabe señalar que estas tecnologías paradójicamente pueden ir en contra de un objetivo más general de compartir el conocimiento científico y técnico y de promover el desarrollo socioeconómico, en la medida en que acentúan las diferencias y pueden agrandar el abismo entre los “que saben” y los “que no saben”, con las consecuentes repercusiones en el bienestar. Por esto, y también porque su adopción y su pleno aprovechamiento residen no tanto en problemas técnicos, sino en la creación de infraestructuras y mecanismos sociales capaces de utilizarlas de manera efectiva, resulta interesante estudiarlas, pero de forma crítica y atenta.

Por último, también nos damos cuenta de que las “nuevas” tecnologías todavía se encuentran en su mismísima infancia y que en el futuro probablemente la concepción de museo virtual de los principios del siglo XXI parecerá ingenua ante nuestros ojos. Pero estudiarlas ahora supone un paso fundamental para que errores de pasado en la adopción de tecnologías que prometían cambiar la sociedad y la educación no vuelvan a repetirse y para que tengan un futuro de éxito.

En conclusión, esta tesis trata del conocimiento, trata de compartirlo y también trata investigar lo que posiblemente resulte ser un cambio de paradigma para los dos puntos anteriores. Lo hago convencido de que en su conjunción, puedan contribuir para un mundo en el que el bienestar sea más igualitario y más justo.

Salamanca, marzo de 2004

Marcelo Sabbatini

Introducción

Virtual. Virtualidad. Quizá sean éstas las palabras clave que definen el tipo de cultura global que se ha iniciado en los últimos años del siglo XX y que van a definir la cultura predominante del siglo que apenas se inicia. El advenimiento de los sistemas de comunicación digitales a través de redes de ordenador, y específicamente Internet, está afectando a todos los sectores de la sociedad, desde los sistemas de producción y comercialización que caracterizan a la sociedad capitalista hasta el comportamiento individual de las personas, dentro de la llamada “sociedad de la información”. La apertura de nuevas posibilidades de interacción entre todo tipo de instituciones y los miembros individuales de la sociedad resulta en la creación de nuevos espacios de flujo comunicativos, con distintas concepciones del espacio y del tiempo, donde van a operar gran parte de la cognición y de las relaciones humanas

El desarrollo de este proceso se ve, quizás, de forma más patente en el ámbito de la ciencia y la tecnología. En estos momentos, se observa una transición desde un modelo de publicación académica basado en el papel hacia un modelo electrónico, y en consecuencia, una transición en el propio modelo de producción científica, que se ve motivada por aspectos históricos, técnicos, sociales y económicos. Es más, el quehacer científico se ve alterado con el surgimiento de los “co-laboratorios” y de la ciencia virtual, o *e-science*, con una posible reconceptualización del método y de la epistemología científica.

De forma paralela, estas mismas redes de ordenadores están creando un nuevo modelo para los museos científicos y centros interactivos de ciencia, en la medida en que estos también se adentran la era de la virtualidad, en su papel como instituciones dedicadas a aumentar el grado de percepción pública de la ciencia y de la tecnología. Sin embargo, en este escenario observamos una paradoja, en la cual estas tecnologías de comunicación e información han cambiado el panorama de la comunicación científica –o por lo menos la realizada entre los científicos– y sin embargo centros y museos de ciencia han permanecido ajenos a esta situación, con el mantenimiento de prácticas tradicionales y con la limitación a un uso poco innovador de las tecnologías. Cabe notar que tradicionalmente los museos han reaccionado de forma más lenta que otros sectores de la sociedad al integrar nuevas tecnologías e infraestructuras a sus prácticas y muchos museos se han visto intimidados por los retos inherentes a la integración de la tecnología Internet.

El nuevo papel y los nuevos retos que los museos científicos y centros de ciencia del siglo XXI van a afrontar pueden encontrarse de forma resumida en un comentario hecho por el director de la principal red de colaboración entre museos y centros científicos europeos (*EC SITE - European Collaborative for Science, Industry and Technology Exhibitions*) con la ocasión de la

6th International Conference on Public Communication of Science & Technology, llevada a cabo en Ginebra, en febrero de 2001:

Yo no tengo que explicar a Ustedes por qué las visitas a los museos hoy no tienen nada que ver con lo que eran cinco años atrás, apenas cinco años atrás. Hoy se puede visitar un museo antes de ir allí como visitante físico. Se puede visitar desde casa, desde la escuela. Lo que los museos están produciendo hoy en la Red realmente no es bueno...debo decir. Se están haciendo cosas tradicionales de una nueva manera. Publicando folletos y otras cosas en la Web. Pero los experimentos verdaderos basados en Web son muy pocos. Por lo tanto, en un futuro muy próximo todavía será poco comprendido que las exposiciones virtuales en un museo virtual y páginas Web que pueden ser visitadas no constituyen una amenaza a los visitantes físicos reales. Y se puede tener más visitantes en el museo si se están haciendo bien las cosas en la Web. Se puede ir al museo antes y después. Después, se puede mantener contacto con las personas que crearon la exposición, se puede mantener contacto con los científicos que proporcionaron la información que está allí, y se puede conectar también con otra escuela o con otro visitante que haya estado en la misma exposición e interactuar para crear una nueva comunidad de personas que estén discutiendo virtualmente sobre cosas presentes físicamente en la institución (...) Es un mundo totalmente distinto al que estamos viviendo, lógicamente Ustedes todos lo saben, pero nosotros nos sentimos identificados y intentamos descubrir cuál es el camino que tenemos delante, y cómo responder (Stavelotz, 2001).

¿Pero realmente comprendemos este nuevo mundo, y todas las consecuencias y cambios que se harán necesarios para sobrevivir en él? Quizá la principal cuestión aquí sea el propio concepto de virtualidad, confrontado a la realidad que conocemos. ¿Será posible experimentar una experiencia real al visitar un museo virtual? Y por otro lado, ¿la utilización de la simulación como “medio de escrita y de invención del mundo” no nos hará confundir el mundo real con las representaciones que hacemos de él? Y todavía más paradójicamente, ¿sería posible realizar un retorno al mundo real, muchas veces perdida en la artificialidad de las exposiciones de los museos científicos tradicionales, a través de aplicaciones del mundo virtual?

Surgen, por lo tanto, las cuestiones de cómo utilizar el ambiente virtual como soporte educativo, y cuáles son las estrategias de aprendizaje y enseñanza más adecuados a Internet, especialmente en lo que concierne a la enseñanza y al aprendizaje en ciencias. Se trata, entonces, de analizar de forma crítica cuáles son las posibilidades y limitaciones únicas de Internet para los museos científicos y centros de ciencias.

Los museos virtuales poseen el potencial de trascender las limitaciones físicas de espacio y tiempo del museo tradicional, asumiendo las responsabilidades por la organización de la información dentro de contextos significativos, de la conservación y seguridad de las colecciones y de un nuevo papel editorial. Y pese a su aparente falta de realidad, presentan la posibilidad de reunir texto, imágenes y elementos interactivos, además de proporcionar experiencias personales y de interacción social. Aún más, estos procesos involucrarían tanto al público especialista, representado por la comunidad científica, como al de no especialistas, permitiendo la participación de la comunidad y sociedad que les rodean en su desarrollo y actividades.

El tema de la comunicación y de la colaboración entre visitantes y el museo, y entre visitantes y visitantes surge como una de las principales actividades que van a distinguir el museo

virtual. Algunas de las posibles aplicaciones prácticas que podrían resultar en experiencias de aprendizaje colaborativa y/o distribuida son: la comunicación entre los visitantes y los profesionales del museo, la formación de grupos de intereses especiales y de proyectos intermediados por el museo, la creación de portafolios de materiales y objetos museísticos con anotaciones y comentarios personales realizados por el visitante y el registro de la relación del visitante con el museo a lo largo del tiempo. El proyecto de todas estas aplicaciones, de forma general, está basado en la aplicación de las teorías constructivistas del proceso enseñanza-aprendizaje aplicadas a la educación a través de las redes de ordenadores, a distancia.

Sea como fuere, los nuevos modelos y formatos van a tener implicaciones profundas en el modo a través del cual las instituciones culturales y educativas se van a relacionar con sus visitantes y con la sociedad en general y de cómo van a proporcionar sus servicios. Recordando la conclusión de la intervención de Staveloz, que hemos tomado como base para el inicio de esta reflexión:

Las nuevas tecnologías son el núcleo de todo lo que dije antes. Pero la tecnología no es lo que queremos, queremos tecnología con algún contenido, y por eso, la respuesta a mi pregunta, si deberíamos [los museos científicos] entretener o educar, es definitivamente, deberíamos educar (Staveloz, 2001).

Nuestro objetivo, es por lo tanto, caracterizar las diferencias entre los museos científicos virtuales y los museos tradicionales, relacionando las nuevas posibilidades ofrecidas por los primeros, así como los retos de su implementación, a la luz de un estudio previo de los conceptos de “virtual” y “real”. También se realizará una revisión crítica de la literatura sobre el tema, con especial atención en la serie de conferencias denominadas “*Museums and the Web*”, realizadas a partir de 1997 hasta la actualidad, donde se plantean discusiones acerca de la filosofía, objetivos, gestión y evaluación de sitios Web de museos más allá de las consideraciones puramente técnicas.

Esta revisión bibliográfica se hará sobre todos los campos disciplinarios involucrados, a saber, la comunicación pública de la ciencia y sus distintas modalidades; los museos científicos y centros de ciencia y su papel en la percepción pública de la ciencia y de la tecnología; el aprendizaje en ciencias, principios teóricos y aplicación de las nuevas tecnologías de información y comunicación; la educación en el museo y otros contextos informales de aprendizaje y los conceptos de virtualidad y simulación como formas de representación de la realidad.

Además de identificar los contenidos y estrategias de acción utilizadas por museos y centros de ciencia en el ámbito digital, nos interesa comparar, a través de un análisis sistemático y profundo e identificando cuáles son sus contenidos y funcionalidades, cuál es la situación de los museos virtuales de Iberoamérica en relación con el resto del mundo, con la intención de

caracterizarla y recomendar futuras líneas de acción para que éstos puedan mejor cumplir su misión de informar, educar y mejorar la percepción pública de la ciencia y la tecnología, en nuestra realidad específica.

También es nuestro objetivo investigar las nuevas posibilidades de aprendizaje y enseñanza en ciencias ofrecidas por las nuevas tecnología de comunicación, en especial Internet, que podrían incorporarse a las actividades de los museos científicos virtuales, con especial énfasis en los experimentos virtuales y en los entornos virtuales de aprendizaje que en última instancia constituirían verdaderos laboratorios para la práctica de investigación científica.

Por último, las acciones formativas realizadas en los museos científicos y centros de ciencias virtuales pueden (y deben) estar en consonancia con el panorama más general de la educación soportada tecnológicamente y la educación a distancia, en particular con la concepción de una economía de objetos de aprendizaje, por lo cual se investigará la aplicación de los estándares técnicos educativos que soportan a este concepto a los objetos museísticos de los museos virtuales.

Nuestro trabajo se caracteriza como una investigación de carácter teórico-práctico con el análisis y evaluación de componentes de espacios virtuales implicados en las acciones de aprendizaje realizadas por museos científicos virtuales y finaliza con la propuesta, utilizando una metodología de desarrollo de aplicaciones Web, de una iniciativa de carácter tecnológico que tendría como objetivo principal establecer nexos entre la enseñanza formal de las escuelas y los museos científicos y centros de ciencia, en su misión común de alentar el interés por y hacer asequibles los conocimientos científicos y tecnológicos.

Parte I – Museos y centros de ciencia: hacia la virtualidad

Capítulo 1 – El fenómeno de la virtualidad

En la adopción de los museos virtuales, así como de cualquier otra aplicación de la realidad virtual, se va hacer necesario estudiar las distintas características de lo “virtual” y de lo “real”, de cómo se diferencian y de cómo pueden complementarse¹. Por un lado, tenemos la realidad estática, analógica, espacial y fragmentada del espacio físico, diametralmente opuesta a la realidad dinámica, inmersiva, virtualizada, conectada e interactiva de los espacios virtuales (de Kerckhove, 1999). Esta aparente contradicción y los resultados de su discusión van a establecer las bases para otra de las principales cuestiones relacionadas con la aplicación de los espacios virtuales de aprendizaje: el proyecto de experiencias de aprendizaje en línea que además de proporcionar interactividad e inmersión, también resulten efectivas desde el punto de vista pedagógico.

La discusión acerca de la realidad y de sus representaciones recibe contribuciones del sector filosófico, del epistemológico, de la comunicación, de la historia del arte y del sector de la cultura material (Maldonado, 1994), pero también se perciben sus influencias sobre la cultura más amplia. En esta discusión, generalmente se adoptan marcos filosóficos tradicionales, con el concepto de virtualidad como elemento central, para comprender el cambio tecnológico. Sin embargo, para Echeverría “el concepto relevante es el de representación, no el de virtualidad, por ser el primero mucho más general que el segundo” (Echeverría, 2000b).

Echeverría critica a Lévy, un analista de la tradición posmoderna dotado de sus “delirios especulativos”, quien adopta una distinción entre actualidad, posibilidad, realidad y virtualidad como marco de discusión. Sin embargo, un concepto omnicomprendivo de virtualidad eleva la “categoría de virtualidad como género supremo” y dificulta el debate. Además, la filosofía de la tecnología subyacente es criticable, debido a los efectos reales de las tecnologías virtuales. La proyección del término virtual, como se utilizó a lo largo de la historia de la filosofía, sobre la noción tecnocientífica de la virtualidad es una estrategia equivocada, pues para Echeverría los cambios técnicos suscitan cambios conceptuales, y demandan reflexionar primero sobre las innovaciones para después proponer los marcos filosóficos adecuados.

Echeverría propone hipótesis generales de interpretación con atención a las innovaciones para contrastar hipótesis filosóficas generales. Particularmente, los procesos de interacción y adaptación entre la sociedad y los sistemas tecnocientíficos, siguiendo la línea de estudios ciencia, tecnología y sociedad (CTS) en los cuales los cambios científicos y tecnológicos producen cambios conceptuales y estructurales, deben buscar una tecnología transformadora, con el abandono de la especulación sin referencias a los procesos de cambio mismo. Solamente en una etapa posterior se procedería con el replanteamiento de las cuestiones filosóficas clásicas.

¹ Cabe notar la gran atracción y fascinación que los seres humanos demuestran una grande por el virtual, una vez que éste genera sentimientos asociados con el irreal, generando una emoción estructural que se podría denominar “*e-moción*” (Hsin Hsin, 1998).

1.1. Conceptos básicos

1.1.1. Los conceptos de virtual y el mundo que se convierte en museo

Para algunos autores, la cuestión de la virtualidad es considerada como clave fundamental para la comprensión de los cambios ocasionados por las nuevas tecnologías.

Etimológicamente, virtual proviene de “*virtus*”, que significa fuerza, energía o impulso inicial. A su vez, *vir* se relaciona directamente con *vir*, hombre, y con virtud, la “actividad o fuerza de las cosas para producir o causar efectos”. Según el Diccionario de la Real Academia Española, virtual “es que tiene virtud para producir un efecto, aunque no lo produce de presente”, “implícito, tácito”, “que tiene existencia aparente y no real”.

Por otro lado, al adentrar en un análisis con base filosófico, “el virtual, en un sentido estricto, tiene poca afinidad con lo falso, lo ilusorio o lo imaginario; lo virtual no es, en modo alguno, lo opuesto de lo real, sino una forma de ser fecunda y potente que favorece los procesos de creación, abre horizontes, cava pozos llenos de sentido bajo la superficialidad de la presencia física inmediata” (Lévy, 1999). De forma similar,

Lo virtual es muy real, puesto que permite actuar sobre la realidad. Simétricamente, lo real posee una cierta virtualidad, a la que Aristóteles llamaba “potencia”. Hay virtualidad en lo real y realidad en lo virtual. La paradoja aumenta cuando, en algunos casos, es posible decir que lo “virtual es más que lo real”. Como es sabido, la simulación virtual posee una realidad propia capaz de sustituir los eventuales déficits de la realidad real (Quéau, 1995).

Frente al concepto técnico de realidad virtual (*ver 1.1.3.2.*), surge entonces el concepto de

Virtualidad real—no realidad virtual como se suele decir— porque el concepto de realidad virtual implica que, por un lado, existe una realidad que es la verdadera, la realidad en que vivimos y, por otro lado, una realidad virtual que es la realidad de los medios de comunicación y de Internet, que no vivimos. Sin embargo, recibimos la mayoría de nuestros códigos de comunicación cultural a través de medios electrónicos. Mucho de nuestro imaginario y de nuestras prácticas sociales y políticas son condicionadas y organizadas por y a través del sistema de comunicación electrónico. Consecuentemente, un elemento fundamental, o mismo el *elemento fundamental*, de la comunicación y transmisión cultural de nuestra sociedad es llevado a cabo a través del hipertexto. Esta es nuestra realidad y, consecuentemente, la realidad es virtual y la cultura es una cultura de virtualidad real (Castells, 2001).

Para Echeverría (2000b), “lo virtual, pues, no es ni irreal ni potencial: lo virtual está en el orden del real” y “lo potencial es aquello que puede convertirse en actual. Lo virtual es la presencial real y discreta de la causa”. O de manera algo poética, virtual “el arte que fabrica

imitaciones de las que nos podemos servir”. Ya la convergencia se produce debido a una vinculación funcional entre uno y otro (*ver 1.2.*)

Lo posible y lo virtual poseen un rasgo común: los dos son latentes, no manifiestos. Mientras tanto, lo real y lo actual, son patentes o manifiestos. De forma que cada uno de estos pares “despliega una manera diferente de ser” (Lévy, 1999).

Se opera un cambio entonces, desde la concepción de potencial, de característica específica y propiedad del real, de oposición a lo actual, hacia el sentido de algo actual e irreal, derivando así un nuevo sentido para el concepto.

De manera similar, “la relación entre virtualidad y realidad ha cambiado. La cuestión del medio es de extraordinario interés en la actualidad. La interactividad puede producir una relación específica con la realidad (...) El desarrollo tecnológico y los medios combinan pasado, presente y futuro. El mundo se torna un museo” (Moritsch & Krämer, 1999).

En la actualidad, todos medios de comunicación –la televisión, la radio, los periódicos, Internet, etc.– convergen a través de la digitalización, mezclándose y entrelazándose resultando en una socialización de la comunicación. Lo digital, lo virtual se torna entonces la expresión cultural de la sociedad, afectando nuestro propio concepto de la realidad y el término sufre una “inflación semántica”:

Lo virtual se ha deslizado con rapidez desde lo que no siendo podría ser (y somos conscientes tanto de la ausencia actual como de la potencia latente) a lo que no siendo se presenta como lo que es (y por lo tanto engaña a algunos incautos, pero hace disfrutar y experimentar a quienes están en el secreto: vicio y virtud) (Rodríguez Ferrándiz, 2001).

Este sería el virtual en un “sentido débil”, haciendo referencia a cualquier cosa relacionada con ordenadores (Heim, 1998).

Por otro lado cabe resaltar que “virtual”, en cuanto término técnico, tiene una larga tradición en las ciencias, utilizándose en la física a partir del siglo XVIII en óptica y mecánica: “‘virtual’ se refiere a algo que penetra hasta el mismo corazón científico de la realidad” (Wooley, 1994).

Ya los mundos virtuales son mundos en potencia y se definen como:

Sistemas que procuran darnos la ilusión más convincente posible de inmersión funcional *dentro* de un mundo sintético (en el caso de la *simulación virtual*) o bien *dentro* de la representación de una situación real, alejada o inaccesible (en el caso de la televirtualidad...) (Quéau, 1999)

Los mundos virtuales contienen tanto *virtus* como potencia, pues “las imágenes de lo virtual deben ayudarnos a revelar la realidad de lo virtual, que pertenece al orden de lo inteligible,

y de una inteligibilidad proporcional al fin perseguido, teórico o práctico, utilitario o contemplativo” (Quéau, 1999).

En este dualismo de lo sensible y de lo inteligible, de la imagen y del modelo,

El mundo virtual se modela y se comprende al ser experimentado, así como se percibe y se da a conocer al volverse inteligible. La mediación de los mundos virtuales nos permite percibir físicamente un modelo teórico y nos permite comprender formalmente sensaciones físicas (Quéau, 1999).

Los mundos virtuales, por lo tanto, más que representaciones, son una ilusión funcional del real. Echeverría (2000b) destaca el carácter real de los entornos virtuales, dado que se han diseñado con la intencionalidad de que produzcan efectos e impresiones sobre las personas que los utilizan. Ya los aparatos técnicos son productos de acciones humanas intencionales.

Los espacios virtuales también se pueden entender como mundos posibles, según la propuesta de Bruner (1996), como construcciones literarias que adoptan carácter de realidad en la medida en que dentro de ellos el sujeto realiza proyectos de acción.

1.1.2. Los antecedentes literarios de la virtualidad

La tradición de los mundos de ficción se origina en los mitos y leyendas, llegando hasta las utopías, y forman parte de la vida social, con amplia presencia en el teatro, en el cine, en la literatura, en la televisión, en los rituales religiosos, todos ellos precursores de los entornos informáticos virtuales (Echeverría, 2000b). Pese a esta omnipresencia², nos centraremos en los antecedentes literarios, debido a la ficcionalidad de la literatura frente a otras formas culturales.

Para Maldonado (1994), el tema de la literatura asume importancia pues “el tema de mayor credibilidad atribuida a la ficción (...) es inseparable del tema sobre el papel que están desempeñando las técnicas, cada vez más refinadas, de la representación del mundo visible”.

Según la sensibilidad barroca, entender la realidad como sueño y cuestionar los conceptos y visiones que tenemos de ella consiste una primera forma de realidad virtual (Arzoz & Alonso, 2001). Así, un antecedente del cuestionamiento ontológico de la realidad se encuentra en la obra de Calderón de la Barca, *La vida es sueño* (1636), abordando las cuestiones del destino, del libre albedrío, pero también de la concepción de la vida como una ilusión, como afirma el

² Algunas películas recientes que hacen referencia directa a la virtualidad y a la simulación como sustituto de la realidad son *Tron* (1982), *Blade Runner* (1982), *Total Recall* (1990), *The Lawnmower Man* (1992), *Strange Days* (1995), *Johnny Mnemonic* (1995), *Abre los ojos* (1997), *The 13th Floor* (1998), *eXistenZ* (1999) y la trilogía *Matrix* (1999/2003).

príncipe Segismundo: “¿Qué es la vida?, un frenesí; / ¿qué es la vida?, una ilusión, / una sombra, una ficción, / y el mayor bien es pequeño: / que toda vida es sueño, / y los sueños, sueños son”.

Según nota Aurora (2001), en Shakespeare también se encuentra presente la concepción onírica de la realidad, como afirma MacBeth, “Life's but a walking shadow, a poor player / That struts and frets his hour upon the stage / And then is heard no more. It is a tale / Told by an idiot, full of sound and fury, / Signifying nothing”.

La cuestión del sueño como sustituto de la realidad ya estaba presente en las *Meditaciones* de Descartes, que buscaba a la racionalidad como modo de alcanzar la certeza epistémica frente a su opinión de que “no hay indicios concluyentes ni señales que basten a distinguir con claridad el sueño de la vigilia”.

También *Las Aventuras de Alicia en el País de las Maravillas* y *A través del Espejo* son aventuras que se estructuran a partir del sueño, de forma que Carroll parafrasea al personaje Segismundo: “Life, what is it but a dream?”. Sin embargo, en la continuación de la primera aventura también se puede identificar la cuestión del sueño dentro del sueño. Cuando Tweedledee y Tweedledum afirman a Alicia que el Rey Rojo le está soñando, y que si parara de soñar todos ellos se “apagarían” como velas, esto conlleva una “inversión o confusión de los roles soñador/soñadora-soñado/soñada y remite a la formulación cartesiana de la difuminación de los límites entre la vigilia y el sueño y al concepto de la duda como eje fundamental del pensamiento humano” (Aurora, 2001).

La formulación de los mundos literarios como realidades alternativas, como bien lo ha advertido Echeverría (2000b) también se encuentra en el *Don de La Mancha* (1605):

Se enfrascó tanto en su lectura que le pasaban las noches leyendo de claro en claro y los días de turbio en turbio; y así, del poco dormir y del mucho leer se le secó el cerebro de manera que vino a perder el juicio. Llenósele la fantasía de todo aquello que leía en los libros...y asentósele de tal modo en la imaginación que era verdad toda aquella máquina de soñadas invenciones que leía, que para él no había otra historia más cierta en el mundo.

Así, Don Quijote vivió en un mundo virtual, en el sentido de una sobredimensión simbólica de las cosas, en un mundo imaginario que daba sentido y determinaba sus acciones. Como nota Neugebauer (2000) en el *Quijote* se juega con la noción de lo que es real y lo que es verdadero, en otras palabras, con la percepción de la realidad misma. Don Quijote utiliza la imaginación para cambiar la realidad en fantasía y por otro lado justifica elementos de la realidad, no compatibles con su fantasía, como encantamientos, en lo que se define hoy como el problema del “retorno al real”. Todos los personajes tienen sus distintas percepciones de la realidad, de forma que también el lector empieza a dudar de su percepción de la realidad en la novela.

En Cervantes ya se observa una conciencia acerca de la virtualidad de la literatura, de la utilización de recursos y tácticas hipertextuales, además del planteamiento general de la obra. El *Quijote*, es dentro de la “compleja ambivalencia de la actual cibercultura, la premonición del mundo virtual al tiempo que su sabia crítica vital” (Arzoz & Alonso, 2001).

También en el *Quijote* se puede observar un anticipo de la aplicación práctica de la realidad virtual, en el episodio del viaje en el “Clavileño”, un supuesto caballo volador, que asocia el concepto de magia con la técnica³ a través de la “clavija que sobre el cuello lleva puesto”, con la reinención de “un motivo típico de la novela de caballerías fantástica –también proveniente de tradición oriental, convirtiéndolo en el primer simulador virtual de vuelo, ya que lo acompaña con efectos especiales como el viento producido por fuelles o por el calor generado por estopas encendidas” (Arzoz & Alonso, 2001). Coincidentemente, o debido al deseo ancestral del hombre por volar, uno de los primeros intentos de realidad virtual en la era moderna remonta a los años treinta, con el simulador de vuelo desarrollado por Edwin Link para la Fuerza Aérea norteamericana para el entrenamiento de sus pilotos de guerra (Wooley, 1994).

Pero la primera “formulación mítica” de la realidad virtual se encuentra en *Alicia en el país de las maravillas*. Al final de la obra, la hermana de Alicia sueña con los mismos personajes y el mismo mundo, cómo si se adentrara el mismo escenario virtual. En este caso, la permanencia de los escenarios virtuales es un producto de la subjetividad y no de la técnica (Gubern, 1999).

La ausencia de reglas físicas limitadoras en los entornos virtuales aparece en el episodio en el que Alicia, junto a la oveja, en la tienda, se encuentra con objetos flotantes, no respetando las leyes de la gravedad y la solidez de los objetos. Pese a la irracionalidad de la situación, Alicia se adapta a las reglas del juego intentando atrapar los objetos, forzándolos contra el techo, de donde supuestamente no podrían escapar, pero estos también lo atraviesan. En este entorno dotado de una lógica siempre cambiante, la racionalidad de Alicia es inútil y no es posible saber cualquier cosa con seguridad, ocasionando dificultad para la realización de las cosas sencillas. Pese a estos y otros obstáculos enfrentados, Alicia mantiene su predisposición a enfrentarse a nuevas situaciones y a reconsiderar sus asunciones y capacidad de aprehender la realidad (Constable, 1993), en una actitud semejante a la que se postula para el aprendizaje investigativo en entornos virtuales (*ver 6.3.*)

Para Miller (1996) la experiencia de Alicia en el País de las Maravillas es la mejor descripción para entornos informáticos interactivos y participativos, dado que ambos se encuentran dotados de “complejidad, disposición al juego, e impredecibilidad”.

³ Anticipando la tercera ley de la tecnología del autor de ciencia ficción Arthur C. Clarke (1977): “cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia”.

Esta identificación de la aventura de Alicia con los espacios virtuales también se percibe en el proceso de su inmersión en el País de las Maravillas, se puede comprender como sueño, pero también como una analogía de las tecnologías virtuales. El conejo blanco, es al mismo tiempo parte de su realidad y parte del mundo subterráneo, marcando la partida de Alicia desde la realidad hacia una “realidad aumentada” (ver 5.5.2.). A continuación, en la medida en que Alicia se torna parte de este nuevo entorno, familiarizándose con su carácter fantástico, se relaciona con la noción de “virtualidad aumentada”, donde se incluyen estímulos reales dentro de un mundo virtual. Al final, Alicia pasa a aceptar incondicionalmente su situación, de forma que se encuentra totalmente inmersa en la realidad virtual (Davis *et al.*, 2003)

Por otro lado, en el *Quijote* también se percibe la creación de una realidad artificial de forma intencionada, en el episodio del gobierno de la Ínsula Barataria, con la creación de un país imaginario y “como si de un juego de rol se tratara, los nobles amigos del Quijote simulan una sociedad de conflictos, políticas, etc. que Sancho ha de administrar juiciosamente” (Arzoz & Alonso, 2001).

El concepto de las realidades inducidas artificialmente ya se encontraban presentes en la tradición barroca, por ejemplo en el *Sueño de una Noche de Verano* con la utilización del filtro amoroso y de forma similar en *La Vida es Sueño*, en el momento en que el Rey Basilio hace a su hijo y prisionero Segismundo creer que sueña y que es rey, con el objetivo de probar sus capacidades de monarca. En este caso, más que la creación de una realidad artificial, se procede a la asunción de una realidad alternativa, dentro del dominio del posible, aunque el cambio se realice con el auxilio de un “remedio tal que os suspenda los sentidos”.

También en Shakespeare, ya no en su obra original sino en la adaptación de *Las Alegres Comadres de Windsor* a la opera Falstaff (1893) de Giuseppe Verdi, con libretto de Arrigo Boito, el personaje Sir John Falstaff alude a la alteración de la realidad de forma intencionada, pero de forma menos artificiosa:

Tutto nel mondo é burla / L'uom é nato burlone / La fede in cor gli ciurla / Gli ciurla la ragione / Tutti gabbati! Irride / L'un l'altro ogni mortal / Ma ride ben chi ride / La risata final.

Todo en el mundo es burla. / El hombre ha nacido burlón, / en su cerebro vacila / siempre su razón. / ¡Todos embaucados! / Todo hombre se ríe / de los demás mortales, / mas ríe mejor quien ríe el último⁴.

Afirmación que se puede entender en el sentido de las tecnologías de lo virtual como el hecho de que la comprensión del modelo subyacente (el carácter burlesco, pero alterable del

⁴ Traducción de José Francisco Pertusa (<http://www.geocities.com/Vienna/Choir/7652/falstaff/falstaff.htm>).

mundo real) suscita ventajas a aquellos que operan en el mundo, concientes de este fenómeno (ríe mejor quien ríe el último).

Rescatando la tradición quijotesca y calderoniana⁵, Miguel de Unamuno, en *Niebla* (1914), vuelve al concepto de la vida como sueño y recobra la tragedia del hombre en una vida sin finalidad, enlazando así el pensamiento contemporáneo con el clásico a través de la afirmación “y la vida es esto, la niebla, la vida es una nebulosa” (Miramón, 1997). Por otro lado, en el argumento, también se observa la fusión entre la literatura, la realidad y la ficción; de ahí su virtualidad, en la medida en que su personaje de ficción, al cuestionar su realidad, se enfrenta con su autor –en otras palabras, se externaliza a su universo de observación, rompe la barrera endofísica– cuestionando la propia existencia de Unamuno, es decir, aludiendo a la posibilidad recurrente de la simulación total:

No se sueña dos veces el mismo sueño. Ése que usted vuelva a soñar y crea soy yo será otro. Y ahora, que usted está dormido y soñando que reconoce usted estarlo y que yo soy un sueño y reconozco serlo, ahora vuelvo a decirle a usted lo que tanto le excitó cuando la otra vez se lo dije: mire usted, mi querido don Miguel, no vaya a ser que sea usted el ente de ficción, el que no existe en realidad, ni vivo, ni muerto...no vaya a ser que no pase usted de un pretexto para que mi historia, y otras historias como la mía, corran por el mundo. Y luego, cuando usted se muera del todo, llevemos su alma nosotros. No, no se altere usted, que aunque dormido y soñando aún vive. ¡Y ahora, adiós! (p.275)

De forma muy similar, en el ensayo de Borges titulado *Everything and Nothing* (1974), encontramos una afirmación equivalente

La historia agrega que, antes o después de morir, se supo frente a Dios y le dijo: *Yo, que tantos hombres he sido en vano, quiero ser uno y yo*. La voz de Dios le contestó desde un torbellino: *Yo tampoco soy; yo soñé el mundo como tú soñaste tu obra, mi Shakespeare, y entre las formas de mi sueño estás tú, que como yo eres muchos y nadie*.

Este sería el problema de la hipótesis de la conciencia alimentada por una simulación generada informáticamente (matrix o matriz)⁶ en la medida en que los creadores de una simulación tampoco podrían saber si ellos mismos no hacen parte de una simulación de grado superior, como se intuye en la novela de ficción científica *Simulacron III* de Daniel F. Galouye.

También cabe notar que en la película *Matrix* se propone abiertamente discutir los desarrollos de la simulación, de la realidad virtual y de las tecnologías del virtual al utilizar el libro *Cultura y Simulacro* del teórico francés Jean Baudrillard en una de las escenas del inicio, de forma

⁵ Unamuno también intenta reconciliar la perspectiva nihilista de Shakespeare con el carácter cristiano de Calderón, por ejemplo cuando el personaje de *Niebla*, Augusto, exclama a la hora de morir “¡Morir..., dormir..., dormir..., soñar acaso!” (p. 270).

⁶ La hipótesis “Matrix” implica que una matriz es una simulación diseñada artificialmente por ordenador alimentando a la conciencia de un cuerpo material “enfrascado”, alejado de la realidad como se observa en la serie de películas de mismo nombre (Chalmers, 2003).

casi simultánea a la breve aparición del conejo blanco de Alicia. Su idea que la cultura de la simulación lleva a una hiperrealidad, se encuentra presente en el concepto de Matrix, tanto en el nivel de simulación hiperreal de la realidad como experiencia hiperreal que la eclipse (Merrin, 2003).

Por intermedio de la literatura, en la novela *Gray Matters* (1971) de W. Hjortsberg, en la que se describen a los “cerebromorfos”, cerebros vivientes y pensantes inmersos en acuario pero dotados de su propia realidad, también se suscitan los planteamientos filosóficos y ontológicos basados en las hipótesis de estas características (Lem, 1977).

Pero como argumenta Chalmers (2003), una realidad del tipo Matrix constituye en sí misma una realidad, de forma similar, pero con distinta justificación, en la cual no profundizaremos: a la que el filósofo del siglo XVIII George Berkeley atribuía una realidad endógena a las apariencias y a los sentidos. Literariamente, el Augusto de *Niebla* se pregunta:

Y ¿por qué no he de existir yo? —se decía—, ¿por qué? Supongamos que es verdad que ese hombre me ha fingido, me ha soñado, me ha producido en su imaginación; pero ¿no vivo ya en la de los otros, en las de aquellos que leen el relato de mi vida? Y si vivo así en las fantasías de varios, ¿no es acaso real lo que es de varios y no de uno solo? Y ¿por qué surgiendo de las páginas del libro en que se deposita el relato de mi ficticia vida, o más bien de las mentes de aquellos que la leen —de vosotros, los que ahora leéis— ¿por qué no he de existir como una alma eterna y eternamente dolora?, ¿por qué? (p. 264)

Así, los mundos literarios, a la semejanza de los entornos virtuales adquieren “carácter de realidad, cuando dentro de ellos construye el sujeto sus proyectos de acción; dentro de ellos, en virtud de lo que cree o aspira, espera tener razón, lo que es equivalente a participar en la realidad de esos mundos virtuales” (García Carrasco, 2001).

De esta forma, cerramos un ciclo, con la atribución de carácter real a las ficciones, a partir de la ficcionalidad del texto. Este concepto también se encuentra en la *Biblioteca de Babel* (1941) de Jorge Luis Borges, a partir de la cual se podría construir cualquier texto, cualquier realidad:

(...) la Biblioteca es total y (...) sus anaqueles registran todas las posibles combinaciones de los veintitantos símbolos ortográficos (número, aunque vastísimo, no infinito) o sea, todo lo que es dable expresar: en todos los idiomas. Todo: la historia minuciosa del porvenir, las autobiografías de los arcángeles, el catálogo fiel de la Biblioteca, miles y miles de catálogos falsos, la demostración de la falacia del catálogo verdadero, el evangelio gnóstico de Basíides, el comentario de este evangelio, el comentario del comentario de ese evangelio, la relación verídica de tu muerte, la versión de cada libro a todas las lenguas, las interpretaciones de cada libro en todos los libros⁷ (...) (p. 105)

En la literatura de Borges, la construcción de otras realidades es una constante, pero aparece de forma más notable en *Tlön, Uqbar, Orbis Tertius*, donde un grupo anónimo de los más

⁷ E incluso el presente trabajo, para desespero de su autor...

variados especialistas y sabios crea primero un país, y luego un planeta desconocido, primeramente entendido por sus desconocedores como “un mero caos, una irresponsable licencia de la imaginación; ahora se sabe que es un cosmos y las íntimas leyes que lo rigen han sido formuladas, siquiera en modo provisional”. Paradójicamente, la descubierta del artículo apócrifo sobre la imaginaria nación de Uqbar se da por la visión de un espejo y por el recuerdo de una cita: “para uno de esos gnósticos, el visible universo era una ilusión o (más precisamente) un sofisma. Los espejos y la paternidad son abominables (“*mirrors and fatherhood are hateful*”) porque lo multiplican y lo divulgan”, algo que también podría ser dicho de la literatura y de la realidad virtual, el llamado “espejo de silicio”.

La actual tendencia cultural de las construcciones ilusorias, como substitución de la realidad, son destacadas por el filósofo y escritor de ciencia ficción Stanislaw Lem. Lo explica a través de su teoría de la “fantasmología” (1977). Específicamente en la ciencia-ciencia ficción se observa un papel ambiguo y en equilibrio entre el dominio de la ciencia y de la paraciencia; en la ficción científica todos los mundos son posibles, incluso aquellos que en el estado actual del conocimiento resultan imposibles. (Maldonado, 1994).

Cabe notar que el personaje principal de *Solaris* (1961) encuentra una solución para el problema de la simulación total, en cuanto a su percepción por los habitantes del universo simulado, en un sentido débil, es decir como una simulación generada por su propia condición psicológica. A través de un “*experimentum crucis*”, compara los resultados de un cálculo astronómico extremadamente complicado realizado totalmente con el auxilio de un satélite con la respuesta parcial de los cálculos que ha realizado con la ayuda parcial de la máquina. Según su razonamiento, si él mismo estuviera simulando su realidad a través de una alucinación, de ninguna manera los cálculos coincidirían, pues el resultado del cálculo realizado por el satélite, supuestamente creado por su propia mente, no podría ni siquiera aproximarse al cálculo realizado por el ordenador. Sin embargo, se trata de una condición especial, pues si la simulación sucediera en un sentido fuerte, con la recreación de toda su percepción a través de una inteligencia externa tipo Matrix, el propio resultado del cálculo del satélite sería generado por la simulación.

En cierto sentido esta distinción se asemeja a la diferencia entre la “hipótesis de la Matrix reciente”, en la cual la simulación no se ha realizado toda la vida, sino que se ha implantado recientemente, como sucede en la película *Abre los Ojos*, de Alejandro Amenábar. Una “hipótesis de nueva Matrix” concibe la supresión de la realidad para toda una vida, a partir del nacimiento mismo. Las dos hipótesis generan resultados distintos, en la medida en que la hipótesis de nueva Matrix genera creencias falsas acerca del pasado y verdaderas en cuanto al presente (en el sentido mencionado anteriormente), mientras que la hipótesis de la Matrix reciente abarca a las creencias verdaderas sobre el pasado y falsas acerca del presente. El elemento

de distinción es la existencia de un punto de fijación en relación con la realidad, de un áncora, en esta última hipótesis.

A parte de estas consideraciones metafísicas, *Solaris* ha recibido interpretaciones mucho más allá de su concepción original como reconoce el autor en su sitio Web personal: “quería crear una visión de un encuentro humano con algo que existe ciertamente, de una manera poderosa quizás, pero que no puede ser reducido a conceptos, ideas o a imágenes humanas.”⁸

Una de estas interpretaciones críticas contempla la posibilidad de que el océano sensitivo de *Solaris* representa a los efectos producidos por tecnologías de comunicación en competición, ilustrando metafóricamente que las tecnologías moldean y determinan la conciencia y la percepción, realizan el registro y el almacenamiento de información anteriormente imposible de ser presentada y que pertenecían al subconsciente (Enns, 2002). Pese al acierto o no de esta hipótesis, según Lem, la cuestión de la comunicación asume importancia fundamental en la novela, ante la imposibilidad de realizarse una “traducción” del lenguaje del océano, ente superior, al humano. En este sentido, las misteriosas estructuras construidas por el océano – “simetriadas”, “asimetriadas” y “mimoides”– aunque se pudieran describir matemáticamente por los científicos terráqueos no se podrían comprender, por estar más allá de la comprensión humana. De cierta manera, este es uno de los riesgos la simulación, el de tomarlas por real, sin comprender plenamente su condición de modelo y de lo que realmente significan e intentan representar.

Por último, un aspecto final de virtualidad en *Solaris* se relaciona con los “visitantes”, creaciones del océano, simulacros perfectos aunque constituidos de una materia diferente, recrean a personas relacionadas con los deseos y culpas presentes en la memoria de los científicos ocupantes de la estación, y cuyo objetivo comunicativo tampoco se puede comprender: ¿castigo, experimentación, u otra cosa? Al final el personaje principal, Kelvin, opta por la concepción del océano como un Dios imperfecto, “enfermo de una ambición superior a sus propias fuerzas, y él no lo sabe. Un dios que ha creado relojes pero no el tiempo que ellos miden. Ha creado sistemas o mecanismos, con fines específicos, que han sido traicionados. Ha creado la eternidad, que sería la medida de un poder infinito, y que mide sólo una derrota”.

En cierta manera, se está hablando del propio hombre mismo, aunque para Kelvin el hombre sería distinto debido a su carácter condicionado socialmente y no como un ser aislado determinante de sus propias metas. Así uno de los temas principales en *Solaris* es el de la naturaleza de la exploración y la autocomprensión humana en función de este deseo e intento de explorar y comprender el “exterior”, sin descubrir previamente su realidad interna; o según las palabras del personaje Snaut: “no tenemos necesidad de otros mundos. Lo que necesitamos son espejos. No sabemos qué hacer con otros mundos. Un solo mundo, nuestro mundo, nos basta,

⁸ <http://www.cyberiad.info/english/kiosk/kiosk.htm#solstation>.

pero no nos gusta como es”. Una advertencia más que adecuada para la exploración de los mundos virtuales.

1.1.3. La simulación y la representación de la realidad

1.1.3.1. Desarrollo histórico

El advenimiento de los espacios virtuales y de las imágenes infográficas como forma de representación de la realidad se basa en una larga tradición histórica que conviene analizar para la comprensión de su sentido pleno. Al mismo tiempo surge la necesidad de articular las técnicas de producción de imágenes a los estados de cultura. Estas técnicas efectúan cambios sobre el pensamiento y sobre la concepción de tiempo y espacio, lo que también revela la importancia cognitiva de la imagen (Luz, 1993).

Como se verá, las técnicas de representación, como formas de percibir e interpretar el mundo, han evolucionado hacia la instantaneidad y la simultaneidad de la generación, registro y transmisión de la imagen, culminando en la realidad virtual.

Según el análisis histórico de la semiología realizado por Gubern (1999), se observan dos tendencias en la producción de imágenes en Occidente. La primera tradición es la de la imagen-escena, la reproducción mimética o el “engaño de los sentidos”. Es la concepción de la imagen como doble, como imitación, como simulacro. La otra tradición es la de la imagen-laberinto, que asume la forma de símbolo intelectual, de un “criptosimbolismo” que no dice lo que muestra o aparenta.

La imagen icónica se representa de dos maneras, en lo que se podría denominar la “doble realidad de las imágenes”. La primera forma es la transitiva, representando algo con sus formas y colores. La segunda forma es reflexiva, por que se representa a sí misma representando algo. La realidad reflexiva comprende otras dos, el fenotexto, o significado manifiesto explícitamente, y el genotexto, que abarca los significados latentes, provenientes del subconsciente o del deseo de enmascarar (Gubern, 1999).

A su vez, las imágenes simbólicas transmiten y ocultan información a la vez, significan algo que no muestran:

El símbolo es por lo tanto una unidad significante definida por su dualidad semántica solidaria e indivisible, basada en la asociación de ideas por analogía. Se caracteriza por ello por la copresencia de dos (o más) significados simultáneos y no excluyentes en un significante, privilegiando la función simbolizadora al significado menos obvio, aunque es el contexto el que anclará definitivamente su sentido, privilegiando uno

de ellos: así, la balanza en una sala de tribunal, sin dejar de ser balanza, expresará ante todo la idea de justicia (Gubern, 1999).

Por lo cual,

La imagen icónica es una modalidad de comunicación visual que representa de manera plástico-simbólica, sobre un soporte físico, un fragmento del entorno óptico (percepto), o reproduce una representación mental visualizable (ideoescena), o una combinación de ambos, y que es susceptible de conservarse en el espacio y/o en el tiempo para constituirse en experiencia vicarial óptica: es decir, en soporte de comunicación entre épocas, lugares, y/o sujetos distintos, incluyendo entre estos últimos al propio autor de la representación en momentos distintos de su existencia (Gubern, 1999).

La imagen-escena posee un lenguaje común con los sueños, hecho del cual deriva “su capacidad paradójica, su turbador ilusionismo, su eficacia para la comunicación emocional, su sugestión libidinal y sus enormes potencialidades para el engaño y la confusión” (Gubern, 1999)

También cabe notar que en ambos los casos, la imagen posee una doble función; una función de copia otra de invención. La invención es necesaria por que la copia nunca será un doble auténtico. En la tradición griega, esta contradicción se describía en términos de mimesis y “*phantasia*”.

En cuanto a su “estatuto ontológico”, la imagen se puede entender como la “presencia simbólica de una ausencia” o como presencia vital del real, de una existencia⁹.

Los distintos medios utilizados para representar la realidad, como la fotografía o la escultura,

Permitieron que el hombre extendiese su universo real. El antejo y el microscopio que lo ampliaron a espacios muy grandes o muy pequeños. El dibujo, la pintura, la escultura, etc., lo extendieron en el tiempo dándoles permanencia a lugares y escenas, a situaciones del mundo real y de la vida cotidiana. La fotografía, la fonografía, el cine, la transmisión y la grabación electrónicas del sonido y de la imagen han extendido también la dimensión histórica, el espesor de nuestro presente, incluyendo la representación dinámica del tiempo y del movimiento (Cadoz, 1995).

Históricamente, las fases sucesivas de la figuración han sido respectivamente, reflejar la realidad básica, enmascarar y pervertir una realidad básica, enmascarar la ausencia de una realidad básica y por último, no tener ninguna relación con cualquier realidad, ser su propio simulacro¹⁰.

⁹ La atribución de existencia real a las imágenes se puede observar en la leyenda del pintor chino que se fugó a través de una pintura de un paisaje; se trata de una premonición de la realidad virtual.

¹⁰ Disimular es fingir no tener algo que uno tiene, e implica una presencia, dejando a la realidad intacta. Ya simular es fingir tener lo que uno no tiene, e implica una ausencia, amenazando la diferencia entre “verdadero” y “falso” (Baudrillard, 1983).

Dos de los momentos clave en esta evolución han sido el advenimiento de la perspectiva y de la fotografía. La **perspectiva** ha permitido la reconstitución fiel de escenas y objetos, a partir de reglas geométricas, proporcionando una ilusión precisa de profundidad. La **fotografía**, como un perfeccionamiento técnico de la cámara oscura, ha cambiado la escala de tiempo en la producción y de la propia inscripción de la imagen –una “marca instantánea del real”– con el añadido de la automatización de la reproducción a través del negativo.

La perspectiva surge como artificio para la construcción de la imagen escena, con la adopción de un punto de vista único ante la representación y la simulación de un espacio tridimensional en una superficie plana¹¹. El efecto ilusionista tiene una atribución científica y pese a que sea uno entre muchos otros sistemas de representación, como solución técnica posibilita una mejor aproximación al modo como se percibe el espacio tridimensional (“verosimilitud perceptiva”), pese a ser “monocular, centrada y estática”. Por otro lado, propone una contradicción, una escisión entre lo que es percepción, o ilusión sensorial, y lo que es conocimiento, o saber (Gubern, 1999).

A su vez, la fotografía utiliza la “morfogénesis por proyección” a partir de una fuente luminosa e implica un objeto preexistente a la imagen; este hecho establece una relación biunívoca entre la imagen y lo real, y una adhesión a este último (Couchot, 1993). Así en la figuración tradicional, “para dar una representación de un objeto o de un fenómeno, hay que sustituirlo por otro objeto o por otro fenómeno”, siempre y cuando el objeto que lo sustituya se sitúe en el campo sensible y haya una correspondencia equivalente (Cadoz, 1995).

El condicionamiento de la formación de la imagen a lo real determina una lógica figurativa óptica que establece relaciones entre el espacio y el tiempo: “la Representación alinea, en el espacio y el tiempo, el Objeto, la Imagen y el Sujeto” (Couchot, 1993).

Se observa una evolución histórica en los procesos de automatización de la imagen, con la progresiva liberación de la mirada de la mano, paralela al conocimiento de procesos analíticos de descomposición de la imagen. En su visión más radical, se operaría un verdadero cambio de paradigma, con la adopción de una nueva escritura en que los signos escritos se remplazarán por “objetos manipulables, audibles, visibles y tocables” (Cadoz, 1995).

La realidad virtual sería entonces la culminación del ideal ilusionista de la perspectiva geométrica asentándose también en una vocación científicista, que utiliza la matemática, la geometría, la óptica características del Renacimiento, además de la aportación de la electrónica y de la informática (Gubern, 1999).

¹¹ Como un antecedente, para Kerckhove (1999) el teatro griego ha tenido la misión de educar la mirada hacia una síntesis espacial organizada en un espacio tridimensional, dotada de un punto de vista autónomo, en lo que configura el “espacio mental occidental”.

En cuanto al cambio ontológico, al *pixel* no corresponde el punto de un objeto preexistente¹²; este es la expresión visual de un cálculo efectuado por el ordenador, según las instrucciones de un programa, de forma que la imagen digital ya no corresponde al mundo real, sino que lo simula, lo reconstruye, fragmento a fragmento¹³.

Lo que preexiste a la imagen no es lo real sino el modelo, incompleto y aproximado de lo real. El modelo refleja una interpretación, un filtro y una reelaboración, remontando al origen de lo real para sustituirlo. En su elaboración, requiere entretanto, la simulación de reglas de comportamiento del objeto, que en algunos casos pueden subvertir lo real (Couchot, 1989).

Comparativamente a la tradición literaria, las metáforas buscan compensar los límites de un sistema de representación al proponer analogías entre el contexto normal de uso y un contexto nuevo, inducido de forma arbitraria. Debido a límites intrínsecos, no se puede explorar de manera sistemática una metáfora como se trataría de un modelo científico. A su vez, un modelo proporciona un carácter concreto a una teoría, reformulando de un modo inteligible un contenido abstracto. El modelo se puede experimentar, con la prueba de su coherencia interna o a través de la confrontación con lo real, una exploración que se hace necesaria para su completa aprensión. La imagen de síntesis surge, como medio visual, para guiar y acompañar esta exploración, consistiendo una versión sensible del modelo (Quéau, 1995).

La lógica de la figuración entra así en la era de la simulación, que pretende sintetizar la complejidad del real según leyes racionales que lo describan o lo expliquen. La figuración ya no corresponde a lo que es visible, sino a lo que es modelable (Couchot, 1993). En el modelo lógico-matemático de la producción infográfica se pueden distinguir dos instancias: la obra en potencia, la modelación, y la obra en acto, la visualización. De una a otra se realiza una trayectoria desde el concepto hacia el percepto, desde la causa hacia los efectos.

Consecuentemente, el proceso de evolución de la representación resulta por fin, en un estado de autonomía de los signos para producir significados independientes de los modelos, o débilmente relacionados a ellos, y en la posibilidad constructiva, con el abandono del referente existencial en función de los modelos matemáticos. Pese esta independización, la representación todavía mantiene una “relación con instancias reproductivas y representativas, añadiendo perspectivas y materiales al debate sobre los vínculos entre pensamiento lógico-racional y pensamiento analógico-figurativo” (Bettetini & Colombo, 1995).

¹² Estos análisis no llevan en cuenta el surgimiento de la fotografía y del video digital, que vuelven a establecer una conexión entre el *pixel* y los objetos reales.

¹³ El principio estructural de las imágenes de síntesis es la segmentación analítica, según la tradición histórica del mosaico, que etimológicamente significa el “arte de las musas”, mientras que los museos son su templo.

1.1.3.2. La realidad virtual

En el sentido técnico, la realidad virtual¹⁴ deriva de la convergencia de disciplinas como la psicología, la cibernética, los gráficos de ordenador, las bases de datos, los sistemas distribuidos en tiempo real, la microelectrónica, la robótica, el multimedia, la acústica y la física (Arroyo, 2000) y observa la convergencia de técnicas de modelación que se habían utilizado separadamente hasta entonces, como la réplica, la simulación y la formulación matemática. La realidad virtual se define como

Un sistema informático usado para crear un mundo artificial donde el usuario tiene la impresión de estar en dicho mundo, siendo capaz de navegar a través del mismo y de manipular los objetos que hay en él (G. Mantea & R. Blade, 1995).

O de manera similar,

Es un sistema en el que la misma realidad (esto es, la existencia material/simbólica de la gente) es capturada por completo, sumergida de lleno en un escenario de imágenes virtuales, en el mundo de hacer creer, en el que las apariencias no están sólo en su pantalla a través de la cual se comunica la experiencia, sino que convierten la experiencia (Castells, 1997).

Otra característica es la integración del operador dentro de la imagen, con la situación del punto de vista del usuario dentro del mundo virtual. En su extremo, existiría la posibilidad de que el operador creara otro mundo virtual dentro del mundo virtual a través de alguna tecnología informática.

La realidad virtual se caracteriza por la conjunción de tres “T”’s: la inmersión, en el sentido de aislamiento de los sentidos; la interacción, con la habilidad del sistema de cambiar el punto de vista de la escena en tiempo real¹⁵ y la intensidad informativa, definida como la existencia de calidades especiales relacionadas con un comportamiento inteligente, por ejemplo, la “telepresencia” del operador en el ambiente virtual o la recreación de entornos a partir de datos remotos.

La realidad virtual, como instancia funcional, consiste en la posibilidad de simular lo real con objetivos cognoscitivos¹⁶. Ya como instancia expresiva autónoma, busca la simulación de entornos inexistentes o imposibles, con el objetivo de explorar el potencial expresivo del medio

¹⁴ Otros términos para describir a la tecnología de realidad artificial son “mundos virtuales” y “entornos multisensoriales interactivos”. Cadoz (1995) propone “representación integral”.

¹⁵ Por tiempo real entendemos la capacidad del sistema en detectar las acciones del usuario y reaccionar, modificando el entorno de forma instantánea (Burdea, 1996).

¹⁶ Se suele referir a esta reproducción del entorno como el “espejo de silicio”, haciendo referencia al componente básico de la microelectrónica. Sin embargo, en él “podemos ver reflejadas en él realidades inaprensibles de cualquier otra forma” (Arroyo, 2000).

más allá que su capacidad reproductiva condicionada por lo real, aunque como arte de la invención, en contrapartida a representar lo que ya existe, es todavía poco explorada.

Aguirre Romero (1996) nota el carácter paradójico del término, un oxímoron, de la expresión “realidad virtual” al quedar entendida como “realidad no-real”.

La “realidad” es una construcción a partir de la información sensorial, un conjunto de impresiones que sitúan a los sujetos en el aquí y el ahora, en el espacio y en el tiempo. La “realidad virtual” sería entonces un conjunto de informaciones destinadas a los sentidos cuya función es sustituir la percepción espacio-temporal real del sujeto. Dentro de una realidad o un entorno “virtual” el sujeto cree estar donde no está y concede el *ser* a lo que no es (Aguirre Romero, 1996).

Hillis (1999) distingue entre los entornos virtuales y la realidad virtual, pues la naturaleza híbrida de este término hace referencia a una experiencia individual mediada tecnológicamente, juntando a la habilidad de representar el mundo por parte de la tecnología con las esferas de las relaciones sociales. La realidad virtual es por lo tanto, al mismo tiempo una tecnología, una filosofía aplicada y un espacio de práctica sociocultural.

La realidad virtual es una tecnología de producción más que de reproducción, con la combinación de “libertad imaginaria y autenticidad formal” y configurando una “nueva antropología del visible” (Gubern, 1999). De esta manera, maneja una realidad ilusoria sin soporte objetivo, sin *res extensa*. Consiste en una “pseudorealidad alternativa, perceptivamente hiperrealista, pero ontológicamente fantástica” y proviene de la antigua aspiración humana por duplicar la realidad, a través de la mimesis y de la ilusión referencial¹⁷.

De esta manera, en este nuevo modo de figuración se procede al reemplazo de las cosas por la regla y leyes de las cosas; el virtual se refiere a lo que se sabe acerca del objeto. A través de los filtros de modelado se opera la construcción de un objeto virtual, a partir de la base de una teoría, con el objetivo de producir los mismos efectos y características interpretadas como equivalentes a la de la entidad real.

Ante la ausencia de una realidad limitante tampoco existe la necesidad de respetar las leyes físicas elementales; cabe la posibilidad, por ejemplo, de que en determinado espacio virtual no rija la ley de la impenetrabilidad de los sólidos y de que dos objetos puedan ocupar el mismo lugar en el espacio tridimensional. Otras limitaciones propicias a transgredirse son la coherencia espacial, la invariabilidad de las transformaciones geométricas sencillas y de la estabilidad en el tiempo. Consecuentemente, muchos de los mundos virtuales no representan al mundo primario; cada mundo virtual puede ser paralelo, más que absorber el mundo real (Heim, 1998).

Por otro lado, la realidad virtual también tiene implicaciones cognitivas:

¹⁷ El “realismo virtual” se puede entender como el intento de mimetizar el mundo lo más exactamente posible, la simulación perfecta, aunque (Heim, 1993) le atribuya otro significado al término (*ver 6.5*).

La verdadera naturaleza de la RV no consiste en producir objetos, sino en extender y ampliar los sujetos. Cuando el diseño se convierte en la interfaz estándar entre el pensamiento y la acción, las actividades que dependen del pensamiento y de la planificación se pueden convertir en extensiones directas de nuestros sentidos. En la medida en que intervenimos en nuestro entorno a través de nuestra sensibilidad virtual, llegamos a comprender que este mundo inteligente y sensitivo con el que nos estamos rodeando no es sino una extensión de nuestras mentes y nuestras almas (de Kerckhove, 1999)

En las imágenes de la realidad virtual, las matemáticas se tornan físicamente perceptibles e incluso tangibles. Tratase de la reconciliación de los campos inteligible y sensible, de los modelos y de las imágenes. En cuanto imágenes, no nos permiten entender el modelo abstracto subyacente, pero son modelos que abren una ventana hacia él (Quéau, 1995). En otras palabras, en la simulación del ordenador se dispone a la vez del modelo y del fenómeno, de la observación y de la intelección.

Chesher (1994) analiza la aceptación de la tecnología de la realidad virtual más que a través de un criterio técnico, como la evolución de un discurso¹⁸. Al realizar un análisis del discurso de los textos sobre realidad virtual, ha detectado una proposición de un cambio de paradigma del concepto de “procesadores de símbolos” hacia “generadores de realidades”. Además, se ha observado un desplazamiento desde la cultura marginal hacia la cultura de masa, con la exclusión de los conceptos negativos asociados¹⁹, y la construcción de narrativas, dotando a la tecnología de un sentido de escala cultural con la comparación con otras tecnologías y con iconos culturales familiares, valores ideológicos y mitos. La evocación de tradiciones del arte, de la psicología, de la metafísica, de la filosofía ontológica ha servido para validar este discurso. Por último, las metáforas de “colonización” y de “frontera” ha posibilitado la doble función de situar la realidad virtual como un marco innovador y ha sugerido una ampliación de las áreas de aplicación de la tecnología.

1.1.3.3. La simulación como proceso de construcción de realidades inaccesibles

Los fenómenos físicos requieren la actuación de los sentidos; la representación cognitiva despertada puede corresponder a objetos que existan realmente o a objetos que no existan; estos últimos serían los virtuales. En la experiencia del “engaño de los sentidos”, la simulación denominada sensorial, relacionada con los aspectos cognitivos, intenta

¹⁸ Se trata de lo que Virilio (1989) definió como un “delirio de interpretación periodística” alrededor de realidad virtual.

¹⁹ Desde un punto de vista negativo, la realidad virtual comparte con las drogas el fenómeno de la alteración de estados perceptivos para una construcción de una nueva realidad para el sujeto, permitiéndole un punto de desconexión, o escape.

Producir un significante material que pueda remitir...a un proyecto o a un modelo o a un icono capaz de estimular impactos análogos a los producidos por formas referenciales –en el caso de que existan– o, de todos modos, creíbles y utilizables en virtud de su verosimilitud o de su adecuación a la instancia que ha dado origen a la específica producción de sentido) (Bettetini, 1991).

Pero los objetos virtuales creados a través de la simulación también se pueden entender como una nueva forma de pensamiento:

Simulación como método para la comprensión, incluso como argumento para la explicación y como campo para la acción y la impresión de acción-pasión. Supone entrar en lo real y lo actual, en principios y reglas de interacción entre componentes y crear con ellos un nuevo espacio de funcionamiento en el que se sustituyen las circunstancias reales (en el espacio y tiempo actuales), por circunstancias propuestas a voluntad o seleccionadas de entre un catálogo programado en el que la voluntad o la aleatoriedad práctica de las selecciones crean escenarios y la recomposición profunda de toda clase de entidades (García Carrasco, 2001)

La utilización de las simulaciones para pensar acerca del estado de la realidad asume la forma de una pregunta que puede adoptar varias formas. Por ejemplo, ¿qué queremos que cuente como real?, ¿en qué grado queremos tomar las simulaciones por realidad? y ¿cómo mantener la visión de que existe una realidad distinta a la de la simulación? (Turkle, 1997b).

La simulación desempeña en nuestras pantallas el papel que el pensamiento y la imaginación juegan en nuestras mentes, que es preceder y preparar la acción, deliberar y preparar decisiones, planificar gestos y procedimientos (de Kerckhove, 1999).

Entretanto, la simulación posee una ambivalencia semántica, pues al mismo tiempo en que pretende ilusionar, también intenta reproducir. De forma general, esta es una característica inherente a los signos, pues al describir la realidad, el lenguaje debe alejarse de ella dando cabida al engaño, como ya señalaba (Eco, 1986).

El problema es realmente complejo. No hay duda de que para “reconocer” algo, el sujeto debe “conocer” antes lo que está representando. Es decir, debe haber tenido anteriormente experiencias perceptivas con el objeto en cuestión. Y esto tiene que ver no sólo con las imágenes figurativas sino también con nuestra relación directa con la realidad, una relación no comunicada por las imágenes (Maldonado, 1994).

Por otro lado, la simulación solamente puede tornar visible lo que es inteligible, de forma que no tolera la opacidad, por lo menos en cuanto a su modo de diseño (Couchot, 1993), aunque no siempre para el usuario.

Sin embargo, la recreación de una realidad virtual autónoma, con sus profundidades estructurales y funcionales, también implica la adopción de interpretaciones del mundo, pero interpretaciones basadas en teorías, argumentos y formalizaciones. La relación de la imagen de síntesis con el real supone una manera de inventar el mundo posible, desde una perspectiva política y ética, y reconociendo la interacción de las fuerzas colectivas y del sujeto como proceso de diferenciación frente a las restricciones de estas mismas fuerzas (Luz, 1993).

En relación con las funciones de lenguaje, en el sistema de comunicación, la realidad virtual asume una función referencial, con la creación de referentes imaginarios o inexistentes, por ejemplo, la representación del “infinito subatómico” o de la “infinitud de representación –el eterno retorno del mismo– creando nuevas formas de figurar el mundo:

Las imágenes de síntesis son co-creadoras de lo que llamamos la “realidad”. Muestran otras facetas de lo “real”, colocando en crisis la noción de verdad y sobretodo de “referente”, pues el concepto de “realidad” se vuelve tributario del lenguaje y de su instrumento productivo. Así, el grado de similitud desempeña el papel del antiguo valor de “verdad”, colocando en crisis los sistemas ópticos del cine y de la fotografía (Luz, 1993).

A su vez, la modelación consiste una etapa fundamental de la representación, en la medida en que “prolonga las transmisiones espacial y temporal, pero opera un corte definitivo. Sustituye los objetos iniciales por otros objetos, construidos con otra sustancia” (Cadoz, 1995).

Ya el “retorno al real” es también una reinversión de los conocimientos adquiridos en las acciones posteriores, como por ejemplo, la fabricación de objetos a partir de los modelos informáticos. Se trata de la inversión del proceso de representación, en el cual es la realidad que representa al ficticio, en un proceso de creación y consistiendo una “presencia del futuro” (Cadoz, 1995).

Por último, también se puede especular acerca de la posibilidad de la “simulación total”. La idea de que la realidad percibida por la conciencia es algo ilusorio ficticio y falso remonta a Descartes, quien en su *Meditación segunda* contempla la posibilidad de que un “genio maligno” y “engañador” pudiera crear la realidad percibida. Aunque esta figura de retórica se utilice por Descartes como forma de explorar el papel de la racionalidad dentro de la ontología, en la actualidad la cuestión asume carácter científico, potenciada por los desarrollos informáticos. En este sentido, Davies (1992) analiza la posibilidad de que la eficacia de los ordenadores esté llegando al punto de simular el mismo universo.

Esta conjetura parte de la idea de que el Universo se modela según modelos y leyes matemáticas, concepto ya mencionado por Galileo:

Es posible que el universo no sea un libro de la misma forma que cabría pensar que un ordenador lo es, puesto que este caso todo lo que hay dentro de él es el producto de algún algoritmo. Si fuera así, eso significaría que la máquina universal de Turing sería realmente universal: si dispusiera de la tabla de comportamiento adecuada, y de tiempo suficiente, podría reproducir todo un universo virtual completo (Wooley, 1994).

Así,

Debido a su capacidad de simularse una a otras, las computadoras electrónicas son capaces de simular cualquier sistema que actúe de forma análoga a como lo hacen ellas. Esta es la base del modelado del mundo real en los ordenadores: los planetas, los gases y otras muchas cosas actúan como computadoras, y por eso admiten modelados implementados en las computadoras. Pero ¿todo sistema físico puede simularse así? (...) De ser así, implicaría cualquier sistema suficientemente complicado como para ser capaz de computar podrá en principio *simular el universo físico entero* (Davies, 1992).

Según el razonamiento de Weibel (1996), en esta cuestión se observa la aplicación del concepto de endofísica, desarrollada a partir de la teoría cuántica y del caos y que explora qué pasa con determinado sistema cuando el observador pasa a hacer parte de él, cuestionando la objetividad de la realidad en función de una dependencia del observador. Así, solamente estando situado exteriormente a un universo complejo sería posible describirlo completamente. En la lógica matemática este concepto aparece en el teorema de la indecibilidad de Gödel, que postula la necesidad de un grado más alto de complejidad para la comprensión de un comportamiento en un nivel particular, para evitar la paradoja de las declaraciones auto-referenciales.

En su aplicación a la tecnología informática y electrónica, el posicionamiento del observador en una situación interna al mundo no le posibilitaría distinguir la simulación en cuanto tal, al no ser capaz de identificarla, ya que apenas de las manifestaciones internas producidas por un modelo.

Así, los personajes virtuales de los mundos virtuales serían incapaces de darse cuenta que son apenas simulaciones; lo mismo se podría decir de nosotros y de los mundos que habitamos, con el cuestionamiento de si la realidad que percibimos no es una simulación total. Sin embargo, dada la imposibilidad de la ciencia actual para resolver esta cuestión y por lo tanto, de la ausencia de aplicabilidad, la simulación total se aproxima al concepto de “ciencia irónica” de Horgan (1998), quien afirma que la ciencia moderna se asemeja a la crítica literaria, solo dotada de una capacidad negativa, al proponer cuestiones imposibles de responder, y por lo tanto, inasequibles al conocimiento científico. De esta forma, situamos esta cuestión teórica solamente como un elemento de la cultura de la virtualidad, específicamente de la literatura.

1.1.4. Ciberespacio e infovirtualidad

La revolución de las comunicaciones digitales produce “consecuencias para la intersubjetividad, para la convivencia y por las consecuencias para el sistema simbólico para el pensamiento” (Bettetini, 1945). Por otro lado, las tecnologías entendidas como prótesis del pensamiento humano hacen que la relación del hombre con el mundo se modifique o amplíe por los instrumentos de la técnica.

Bettetini y Colombo (1995) establecen una taxonomía de los nuevos medios en relación con su funcionalidad, distinguiendo entre los medios de representación, más allá de las características y funciones meramente técnicas. En un primer lugar se sitúa la función de representación, en otras palabras, de manifestación expresiva con el objetivo de reproducir la realidad en sus detalles (*ver 1.1.2.1.*).

La segunda función es la de comunicación, que en las nuevas tecnologías asume determinadas características: la forma abierta o bidireccional de intercambio, la posibilidad de inversión de los papeles de emisor y destinatario, la valoración de la actividad participativa del destinatario, el papel del receptor como usuario-operador. Así, la textualidad producida por el ordenador no puede considerarse como “sistema cerrado de signos, sino como una acción que se ha de realizar”, como una integración creativa del usuario. El usuario interactúa con unas posibilidades preordenadas y predefinidas, pero cuyo resultado no es cerrado. Esto supone un cambio de la naturaleza del enunciador, desde un conjunto almacenado hacia un conjunto de estrategias previstas como opciones posibles.

Dentro de la función comunicativa, el concepto de interactividad surge como imitación de la interacción, entendida como una “forma particular de acción social de los sujetos en sus relaciones con otros sujetos”, con el objetivo de establecer una función de comunicación con el usuario. Algunas de las características de la interactividad son el papel activo del usuario, la pluridireccionalidad de los mensajes y los ritmos de comunicación acelerados (Bettetini & Colombo, 1995). La interactividad es un factor fundamental, en el sentido de que promueve un cambio en el usuario-lector, desde el percibir hacia el actuar, desde espectador hacia operador. En los mundos virtuales, se pueden distinguir dos formas de interactividad, entre la relación persona-máquina (P-M) y en entre la relación persona-máquina-persona (P-M-P) (Echeverría, 2000b).

La última función, relacionada con el conocimiento, sitúa los medios orientados a la “conservación estructurada de un saber”. A partir de la interpelación por parte de los usuarios, surge un amplio espectro de posibilidades, que a la vez afectan a la representación. La función del conocimiento también debe permitir conocimientos que no serían posibles a través de otros

medios. Por ejemplo, el desarrollo de los “simuladores de inteligencia” ha motivado la reflexión acerca de los procesos de pensamiento.

El conjunto total de las nuevas tecnologías genera un espacio alternativo, creado y controlado por el usuario que se rebautiza como ciberespacio.

El ciberespacio es una visualización completamente especializada de todas las informaciones en sistemas globales de procesamiento de datos, en recorridos proporcionados por los actuales y futuras redes de comunicación, que hace posible la presencia contemporánea y la interacción de múltiples usuarios y que permite *input* y *output* desde y para el aparato sensorial humano, la recogida de datos remotos, el control a través de la telepresencia y la total integración e intercomunicación con una vasta gama de productos inteligentes y entornos en el espacio real (Novak, 1991)

Como observa Quéau (1995), el ciberespacio no es un espacio en el sentido kantiano, una forma *a priori* que media toda la experiencia, sino que él mismo es imagen que se ha de modelar, como se modelan los objetos y seres que contiene.

El ciberespacio se puede entender como un “espacio mental objetivo”; es su virtualidad no su espacialidad lo que lo hace similar al espacio mental²⁰. En cuanto a sus similitudes, ambos requieren visualización, ambos juegan con representaciones /simulaciones sensorias y están dotados de mecanismos de búsqueda, recuperación y procesamiento de la información, además de inteligencia y de memoria (de Kerckhove, 1999).

A su vez, Echeverría (2000b) habla de la realidad infovirtual, que comprende las “nuevas modalidades de realidad virtual posibilitadas por el desarrollo de la informática”, frente a otras formas basadas en la imaginación. Con el término “infovirtual”, se introduce un concepto técnico en el sentido de que a través de la técnica se busca la simulación de percepciones humanas, proporcionando una impresión de la realidad y dotando al usuario de capacidad de intervención.

Los entornos virtuales son accesibles a cualquiera dotado de la tecnología, y dotados además de un alto grado de intersubjetividad, dado que sujetos distintos experimentan efectos y percepciones similares y con la capacidad de repetir indefinidamente la operación.

La realidad infovirtual forma parte del tercer entorno, un “nuevo espacio social generado por las tecnologías informáticas y comunicacionales” (Echeverría, 2000b). El concepto de tercer entorno surge en función de la consideración de los espacios en los cuales se ha desarrollado la actividad humana y las relaciones sociales; el primer entorno (E1) sería la naturaleza, el espacio físico y natural. El segundo entorno (E2) sería cultural y social, culminando en el espacio urbano, la *polis* de la sociedad industrial aunando calidades reales y artificiales. Por

²⁰ Para Serres (1994), la memoria sería huir al recuerdo; la imaginación, huir al fantasma y el conocimiento, huir a la teoría. En todos estos procesos el elemento común es que desde el real se traslada hacia una entidad diferente, “virtual”.

último, el tercer entorno (E3) es lo que hemos tratado como ciberespacio. En la comparación de estos tres entornos, se podrán apreciar las principales diferencias entre “real” y “virtual”.

1.2. Las relaciones entre “real” y “virtual”

Si cada época tuvo sus simulacros, con el objetivo de obtener un doble cada vez más conforme con el referente, tornándolo sustituible y pasible de experimentación, en la actualidad el simulacro técnico busca la hibridización entre lo que es real y su modelo de representación (Weissberg, 1999).

Los vectores de lo real son la territorialidad, la actualidad temporal, la situación circunstancial: los vectores del espacio virtual suponen la ruptura de la unidad temporal, de la proximidad espacial, y de la situación circunstancial; crea una oportunidad de acción en un espacio de entidad diferente, en un tiempo que no es la historia del sujeto (aunque consume tiempo) y transforma esa acción de simulación en situación para el comportamiento individual (García Carrasco, 2001).

Los objetos virtuales modelados se comportan como modelos ideales del objeto real. Las vistas presentadas más que imágenes son modalidades de interacción; con esta maqueta virtual para la colección de informaciones y realización de experiencias, incluso se crean museos. El virtual, así, es una dimensión o extensión del real, una camada intermediaria de concepción medio abstracta/medio concreta entre proyecto y objeto.

La trayectoria más brillante no es la que lleva del real a la simulación, sino la que contiene los dos, que los asemeja y transforma cada componente en reto al otro; no más virtual puro, sino el compacto real/virtual que es una forma todavía más desconcertante (Weissberg, 1999).

Sin embargo, volviendo al análisis de Echeverría, acerca de la comparación entre los entornos real y virtual, las diferencias estructurales entre los distintos entornos son matemáticas, físicas, epistemológicas y sociales. Las dos últimas dependen de las primeras, que definen la estructura espacial del tercer entorno. Además, en este análisis se hace necesario tener en cuenta estas diferencias, no de forma aislada, sino en combinación y en sus grados de presencia correspondientes (Echeverría, 1999). El análisis propuesto por este autor se divide en diecinueve ejes o variables, que se comentan detenidamente a la continuación.

El primer eje de comparación analiza la **proximalidad** frente a la **distalidad**. Los entornos físicos se caracterizan por la proximidad al objeto, como condición para poder actuar sobre él, aunque admita grados. Por ejemplo, la prensa y el libro permiten la ampliación del radio de acción de los seres humanos y constituyen anticipos parciales del tercer entorno, pero en este

caso el emisor y receptor no son simétricos. En el tercer entorno, la distalidad se caracteriza por la distancia entre los agentes y los objetos. Se trata, por otro lado, de una distancia tecnológica y real y no imaginaria ni ideal; en oposición al entorno “cero”, que equivale a lo transcendental, a los conceptos abstractos o universales, a las ideas, instituciones, idealizaciones, mitos y divinidades.

La **recintualidad** es una “propiedad topológica inherente a casi todos los escenarios de E1 y E2”. Los recintos se caracterizan por la existencia de un interior, de un exterior y de una frontera entre los dos, afectando al modo de inserción del cuerpo dentro del espacio físico. Los recintos constituyen el mundo en el que actúan y sienten los seres humanos. Los espacio de interacción e interrelación del tercer entorno son caracterizados por una **reticularidad**, por la inexistencia de “paredes”. En la red²¹ es fundamental tener acceso a un nodo de la red, y, a partir de este punto las acciones son factibles independientemente de la situación geográfica.

Relacionado a la primera propiedad, para actuar en el entorno físico el agente debe estar físicamente presente, junto a los objetos o a los instrumentos, en un recinto. Aunque esta **presencialidad** es cuestión de grado, surgen formas diferentes de representación del sujeto y de su posición social, se actúa con el propio cuerpo, en nombre propio. En el tercer entorno, las acciones y experiencias se llevan a cabo a través de representaciones tecnológicas. No sólo se utiliza una **representación** de los agentes, sino también representaciones de los objetos, instrumentos y escenarios.

La diferencia entre **materialidad** e **informacionalidad** es ontológicamente más profunda y se encuentra vinculada a la presencialidad. La corporeidad de los seres humanos se reduce en última instancia a la materialidad. Asimismo, los agentes, objetos e instrumentos son materiales en el sentido de estar compuestos de átomos. Ya el tercer entorno es informacional y están compuestos de *bits*, aunque también haya una base física para los *bits*.²² También es cuestión de grado, pero se puede establecer este marco de distinción relacionado con la dependencia de propiedades físicas y materiales para el funcionamiento de los procesos, en contrapartida a la transmisión de algo más abstracto como es la información. Así, la relevancia del material disminuye en el tercer entorno e incide sobre la virtualidad, según la noción de materia vinculada al tacto sentido que determina qué es real y qué no. En la ciencia, un debate similar ocurre en relación con el mecanicismo frente al informacionismo; este último postula que la luz, los genes, los textos, los números e incluso la materia son información.

²¹ Por otro lado “la red surge como metáfora de la cultura del nuevo siglo, pues representa las ideas de interactividad y descentralización, con la disposición de las ideas en capas a partir de múltiples fuentes de información. La red, potenciada y mediada por el ordenador, conlleva la “ampliación del pensamiento, enriquecimiento de la imaginación, una memoria más amplia y profunda, y las extensiones de nuestros sentidos humanos” (Kerckhove, 1999).

²² Esta es la distinción clásica realizada por Negroponte (1996) para distinguir entre la sociedad tradicional y la mediada a través de las tecnologías de información y comunicación.

La distinción entre **naturalidad** versus **artificialidad** engloba la anterior; mientras el entorno natural no tiene origen en el artificio humano, el tercer entorno es básicamente artificial, se opone a E1, aunque se superponga al entorno natural. Mientras tanto, E2 ocupa una posición intermedia. Esta discusión también se relaciona con la idea de que la naturaleza es un objeto explotado para la economía de subsistencia o para la obtención de beneficios económicos en la sociedad industrial. El tercer entorno se caracterizaría por la explotación de la información y de su valor económico.

La dualidad **sincrónico** versus **asincrónico** se sitúa en la categoría de otra dimensión, la del tiempo. En el entorno natural las acciones requieren la presencia del agente durante el espacio de tiempo que duran. Además de la presencia física, demanda la presencia temporal. Aunque también haya grados, la sincronía entre agente objeto e instrumento es una condición necesaria. En cambio, en el tercer entorno, el espacio social es temporalmente ubicuo. La interacción en tiempo real ocurre, pero también con lapsos de tiempo más largos, por lo cual se le debe ser considerado “multicrónico” debido a existencia de diversas pautas y de lapsos temporales para la consecución de las acciones. Esta propiedad también se relaciona con la distinción lineal-recursivo, en el sentido de que frente a una concepción lineal del tiempo los entornos virtuales utilizan procesos recursivos como iteraciones, bucles y reenvíos.

En cuanto a la **extensión** versus la **comprensión**, el espacio natural es una extensión tridimensional -longitud, anchura, altura- utilizada para el estudio científico del espacio y de las cosas –a través de modelos matemáticos cuantitativos– según la concepción de *res extensa*. La extensión también se relaciona con el movimiento, siendo afectada por desplazamientos, contracciones y expansiones. El criterio de existencia física como extensionalidad se relaciona con la ocupación de un determinado espacio físico durante cierto periodo de tiempo. El tercer entorno, entretanto, se caracteriza por el principio reticular. Las redes se formalizan a través de grafos, el estudio de la conexión entre serie de nodos y las configuraciones resultantes, prescindiendo de las magnitudes, de forma que varios objetos pueden estar en una misma situación independientemente de la extensión que los separe. Aquí, lo más importante son las conexiones entre un nodo y otro. Este concepto implica una compresión del espacio, que ya no tiene que representarse por una escala métrica proporcional; de ahí deriva la reducción de la distancia entre agentes, objetos y escenarios.

Las acciones físicas implican un movimiento físico, un movimiento determinado por las leyes de la naturaleza. El grado de artificialidad de esta **movilidad física** aumenta en el segundo entorno. Ya en el medio digital, surgen las tele-acciones, en otras palabras modificación de las representaciones a partir de **flujos electrónicos**. El concepto de “espacio de flujos”, introducido por Castells (1997) se define como “las secuencias de intercambio e interacción determinadas, repetitivas y programables entre las oposiciones físicamente inconexas que

mantienen los actores sociales en las estructuras económicas, políticas y simbólicas en la sociedad”, haciendo hincapié en que el flujo es de información digitalizada y no de objetos físicos.

Asociada a la cuestión de los flujos encontramos el problema de **circulación lenta** frente a la **circulación rápida**. En el tercer entorno, la velocidad de flujo asume otra escala, y se torna un objetivo en si mismo²³. Aumentarla es un objetivo prioritario para el funcionamiento de E3. En términos físicos, la distinción es en función de la velocidad de la luz en contraposición a la velocidad del sonido. La velocidad se encuentra asociada a la riqueza y con los procesos de transformación de la distribución de riqueza y de poder, algo que permanece, aunque el concepto de velocidad se modifique por la movilidad electrónica y se defina en función de la transferencia de información (ancho de banda).

En cuanto a la **estabilidad**, los entornos E1 y E2 se caracterizan por la solidez y robustez, dotados de un ritmo de cambio muy lento. En el tercer entorno, la estabilidad depende de un diseño y mantenimiento artificial, en función de una coordinación compleja de acciones tecnológicas. Además, productos y procesos poseen una vida media corta. Se trata, por lo tanto de una, **inestabilidad** “constitutiva”, caracterizada por la renovación y la transformación continuas.

La dualidad **localidad-globalidad** debe entenderse en el sentido geográfico y político, más que en el sentido físico. La superación de los ámbitos nacionales y el advenimiento de los escenarios e instituciones transnacionales caracteriza un entorno desterritorializado, potenciados por la contribución de la distalidad y reticularidad y asociados a los fenómenos de globalización de la economía. La globalización conlleva una remodelación del local, siempre que este se estructure en forma de red. La dualidad global/local debe, por lo tanto, entenderse como complementariedad y no oposición. Cabe notar que “el carácter básicamente local del segundo entorno no impidió la emergencia de tendencias universalistas y globalizadoras, que han sido constitutivas del proyecto ilustrado”. La inversa también es válida, y retratada por el lema “piensa localmente, actúa globalmente”.

En el ámbito de las características cognitivas se observa una mayor complejidad y diversidad de sensaciones provenientes de los entornos E1 y E2, con la **pentasensorialidad**, frente a la limitación audiovisual (**bisensorialidad**), por lo menos en el actual estadio de la tecnología, de los entornos digitales. En E3, el predominio es visual, consistiendo una ventaja de los dos entornos anteriores debido a la capacidad plurisensorial, “irrenunciable desde el punto de vista del bienestar y la calidad de vida”. De manera inmediata, eso significa no prescindir de los

²³ En la economía de la velocidad, se encuentran los tres atributos de lo divino: la ubicuidad, la instantaneidad e la inmediatez. De ahí, la afirmación de las nuevas tecnologías permiten una visión total, un poder total (Virilio, 1997).

primeros entornos; continuaremos a vivir en ellos, pero se actuará cada vez más en el tercer, o pese a sus insuficiencias.

La **memoria natural interna** y la **memoria artificial externa** reflejan la importancia de la memoria en las interacciones humanas. El proceso de externalización y automatización de los datos mnemónicos, frente a la tradición oral, y la memoria mental, se da en un primer momento a través de la escritura y de la imprenta. Esta primera externalización, que aparece en el entorno urbano, origina el surgimiento de una memoria pública añadida a una memoria privada o memoria íntima. Se trata de una memoria externa pero situada en un entorno próximo, físico. La metamemoria también es interna y mental. En el tercer entorno, en contapartida, las metamemorias son externas y artificiales. El cambio del soporte y de los sistemas de almacenamiento supone la modificación de la estructura del espacio de información y el acceso a una representación del objeto más que al objeto mismo, facilitando la difusión de la memoria, junto a la recursividad de la metamemoria, de su carácter iterativo y automático.

Los dos primeros entornos son fundamentalmente **analógicos**, el tercer entorno es **digital**. Mientras en los primeros el razonamiento opera por metáfora y analogía, el tercer entorno utiliza la mimesis e la imitación. La manipulación digital a través de algoritmos numéricos y otras acciones artificiales conlleva representaciones digitales que no son semejantes al representado (*ver 1.1.2.1*).

Mientras que tradicionalmente se ha observado **diversificación semántica**, con la evolución de sistemas de signos diversos para el desarrollo de procesos semióticos (expresión corporal, gestualidad, habla, escritura, dibujo, música), en el medio digital se observa una **integración semiótica**, a través de los multimedia, con la capacidad de integrar sistemas de signos en un mismo sistema digital y binario basado en bits y *pixels*. Se trata de un “nuevo formalismo integrador” a través de digitalización y automatización con la consecuencia de que los procesos semióticos puedan transferirse e integrarse.

Por el lado de la **homogeneidad**, los entornos físicos se basan en culturas étnicas separadas y prevalencia del monolingüismo. Los medios digitales, por otro lado, promueven la **heterogeneidad cultural**. El tercer entorno es multilingüe (pese a la actual predominancia del idioma inglés) debido a su estructura tecnológica y a su capacidad de representar cualquier modalidad de expresión a través del formalismo informático, en una estructura polisemiótica en esta capacidad de integrar multimedia y polialfabética sin precedentes en la historia de la cultura humana. Además, otras propiedades, como la predominancia de los flujos electrónicos, favorece a que sea un espacio más proclive al multiculturalismo.

Más o menos relacionada, se encuentra la oposición entre **nacionalidad** y **transnacionalidad**. A partir de una perspectiva político-social, la forma predominante en el primer y segundo entornos estado-nación, de influencia en los ámbitos locales y privados,

actuando sobre la actividad política, jurídica, económica, educativa-cultural y en la ordenación del territorio. La emergencia de formas transnacionales ocasiona grandes dificultades a la adaptación del estado-nación debido a su dependencia de la unidad territorial, frente al carácter reticular y la dilución de las fronteras. Las redes, de esta forma, se sitúan por encima de territorios y se relacionan con los procesos de de la globalización y desterritorialización ya mencionados.

En el ideal de la **autosuficiencia**, entendida como independencia del individuo, la soberanía y la autonomía han constituido la forma social predominante en los ámbitos microsociales del entorno natural y urbano, ocasionando en no pocas veces un “conflicto entre el ideal de autosuficiencia y la realidad de la dependencia mutua en los diversos escenarios del segundo entorno”. Como el tercer entorno es un artificio, construido y mantenido artificialmente por múltiples agentes, se observa un aumento de la **interdependencia** y una autonomía restringida pues las decisiones están determinadas por las decisiones de un colectivo. En este medio las acciones son reales solamente si muchas otras acciones –de personas y autómatas– se producen en el momento adecuado, de forma que prevalece el nivel sistémico sobre el nivel atomista.

En conclusión, el tercer entorno, según Echeverría (1999) configura un espacio social, un “nuevo marco espacio-temporal para las interrelaciones sociales y humanas”. Este autor realiza un análisis más amplio del tercer entorno, no limitándose a Internet o al ciberespacio, pero también las redes telefónicas, televisivas, monetarias, evidenciando cómo su estructura influye sobre las actividades que se desarrollan en él.

El tercer entorno se empezó a construir en base a criterios económicos, tecnológicos y de poder; pero, además de ver su desarrollo como una cuestión técnica, como la liberalización del mercado o como un medio de comunicación, se propone analizarlo como un nuevo espacio social donde se desarrollan actividades humanas. De ahí que una de las ideas directrices para su desarrollo sea humanizarlo.

Humanizarlo implica considerarlo como un nuevo ámbito para el desarrollo y perfeccionamiento de la humanidad en general (cosmopolitismo) y para los individuos en particular (nuevas posibilidades de acción e interrelación) (Echeverría, 1999).

En este sentido, habrá que considerar el componente humano y social del desarrollo tecnológico, de manera que el éxito dependa de la percepción social y de los valores humanos balanceando la limitación que producen los valores económicos o técnicos.

En el orden de las relaciones entre lo real, lo virtual y el tercer entorno también surgen otras figuras características del compuesto real / virtual (Weissberg, 1999). En primer lugar, en la **presentación de lo real por lo virtual**, el objeto real alimenta como emisor, como

sustrato, su propia simulación. El virtual no sustituye sino se torna una forma de percepción de dos entidades demandadas de forma simultánea, como en el caso de imágenes simuladas del terreno, como complemento de navegación a los pilotos de aviones de caza.

La **interpretación de lo real por lo virtual** proporciona una simulación con el objetivo de validar una interpretación. El modelo simulado es alimentado por una captación óptica real, que a su vez es decodificada por una experimentación de su plausibilidad. La simulación valida una lectura visual, reconstituye su profundidad y auxilia en la interpretación de su significado. Este es el caso de la reconstrucción tridimensional de estructuras atómicas y moleculares a partir de las imágenes en dos dimensiones obtenidas por microscopía electrónica.

En la **prolongación de lo real por lo virtual** por contigüidad, es posible actuar “realmente” sobre el virtual, o en el sentido contrario, experimentar “realmente” el efecto virtual. Se da la articulación conjunta de los dos en un mismo sistema, más que la precedencia de uno de los términos. Como ejemplo de este tipo de interacción, en sistemas de consulta electrónica, se podrían “hojear” las distintas pantallas de un libro electrónico, actuando físicamente con el dedo sobre una interfaz.

En la **inyección de lo real en lo virtual** el mundo real sufre una transfusión hacia el mundo virtual y lo anima, actúa sobre él, a través de un movimiento real. Así, ante la inserción de la imagen de una persona en un entorno virtual, sus movimientos reales también son captados, pudiendo actuar sobre otros objetos virtuales, como por ejemplo, sonando una campana u otros instrumentos. Ya **lo virtual a través de una ventana de lo real** establece un régimen de visibilidad en el cual la acción real es condición de una visión sobre el virtual, provocando una apariencia suspensa por u ejercicio de mirada/acción. Sería el caso de explorar un objeto virtual solamente a través de la interacción y el desplazamiento de un monitor móvil real.

Por último la **telepresencia de lo real en lo virtual** corresponde a lo que habíamos tratado como realidad virtual. El virtual gana consistencia a través del compuesto entre acción humana “real” y ambiente “virtual”.

Una visión más moderada postula que “con lo virtual, no se trata de sustituir lo real, sino de representarlo y, con ello, de representarnos a nosotros mismos, de ponernos en condición de comprendernos mejor” (Quéau, 1999).

Las representaciones simbólicas tienen más alcance cognoscitivo tangible que las realidades que supuestamente han de representar. Tienen una vida propia que aumenta por sí misma, por cruce, confrontación, rodeo recurrente (...) Por ejemplo, en lo virtual dos o más objetos pueden “ocupar” un mismo lugar, infringiendo así las leyes clásicas del mundo real. Podemos crear fantasías conceptuales con las cuales resultará más fácil captar un fenómeno multidimensional. Esta flexibilidad representativa nos ofrece una posibilidad de mayor inteligibilidad. La naturaleza profunda de lo virtual es del orden de la escritura. Es un nuevo sistema de representación. Se puede dotar de los objetos virtuales de toda clase de relaciones virtuales, de uniones formales. Dejan de ser como objetos de lo real, opacos en cuanto a sus causas y fines; por el contrario, se esclarecen tanto respecto a sus condiciones de existencia como respecto a sus diversas causalidades (Quéau, 1999).

También se podría decir que se trata de una mediación más rica, pues la representación clásica adopta la forma de su modelo, pero no su sustancia.

1.3. Virtudes y riesgos de los entornos virtuales

1.3.1. Hiperrealidad y simulacro

Las cuestiones más recientes acerca de la capacidad de aprensión de la realidad desde el punto de vista filosófico o epistemológico provienen del perfeccionamiento de los instrumentos de mediación cognitiva y por el realismo creciente de las representaciones generadas. Por un lado un se trata de una preocupación teórica, por otro, existe la promesa de la creación de una pseudo realidad más complaciente, situada al margen de la realidad, aunque haya el riesgo de tomar los simulacros por las cosas reales, de refugiarse en un “real de síntesis” (Quéau, 1995)

Las realidades artificiales y los mundos virtuales nos obligan a interrogarnos nuevamente, de modo urgente y agudo, sobre la naturaleza de la realidad *real*. El virtual nos estimula a situar de forma nueva la cuestión del real (Quéau, 1995).

El discurso sobre la realidad virtual le atribuye una incidencia sobre las formas de sentir y pensar, implicando un reencuadre del sujeto con el mundo material en un espacio-tiempo simulado. En cambio, los efectos sobre la sociedad se darán sobre los modos de intelección, de gestión del espacio y del tiempo; en las relaciones del sujeto consigo mismo y con los otros y en el surgimiento de un nuevo lenguaje, afectando el ejercicio del pensamiento (Luz, 1993).

La cuestión de la inmaterialidad, en la era tecnológica, se encuentra asociada a la velocidad, tanto de las transmisiones electrónicas como de los procesos de producción. Además, algunas cosas apenas podrían existir en los espacios informáticos, sin una materialización exterior. En el proceso de “desrealización informática”, según (Gubern, 1999), el mundo es suplantado por “representaciones simbólicas, en un proceso de abstracción progresivo que tiende a volatilizar las relaciones humanas y los procesos de la vida cotidiana”.

Por lo tanto, al considerar lo real como extensión de lo virtual –la nueva referencia de la realidad– se procede con una desrealización, atribuyendo un carácter “pseudo-concreto” y “pseudo-palpable” a entidades imaginarias. La seducción por lo ideal lleva a promocionar formas latentes de ilusión, pese a su utilidad en servir como instrumentos para el dominio de la complejidad.

El discurso sobre la virtualidad no se agota con las consideraciones (...) acerca de las técnicas de representación de la realidad, de la utilización de éstas en la comunicación social y del valor cognoscitivo de las imágenes que derivan de ellas. Ese discurso se entrelaza con otros aspectos muy importantes relativos, en cambio, a las realizaciones llevadas a cabo en el campo de la producción misma de los objetos y en el de las respectivas tecnologías. Junto a los esfuerzos para hacer cada vez más cercanas a lo verdadero las representaciones de la realidad (y por lo tanto hacer más real lo virtual), se registra el intento opuesto, el de hacer más virtual lo real, con lo que se pone en discusión la materialidad misma de los objetos. En otras palabras, una virtualización asume las formas de una desmaterialización de los materiales (Maldonado, 1994).

Este autor realiza un análisis crítico de la teoría referente a la “desmaterialización” de nuestra realidad. La desmaterialización tiene como premisa una materia pre-existente, un concepto intuitivo y tradicional, en la actualidad retado a partir de las contribuciones de la ciencia contemporánea, específicamente de la mecánica cuántica, aunque esta tenga pocos efectos en la escala de la macrofísica, y en la percepción de los sentidos en la vida cotidiana.

Pero la desmaterialización a través de las tecnologías se da por la existencia de servicios y procesos cada vez más inmateriales, de forma que reaparecen cuestiones como el problema de la existencia real del mundo material y de la relación entre mente y materia. Este proceso se relaciona con los conceptos de permanencia e individualidad de los objetos. En la sociedad moderna, surge la obsolescencia y la tendencia de acortar los ciclos de vida de los productos²⁴.

Por otro lado, un futuro de “realidades intangibles, con imágenes ilusorias, evanescentes” es siempre irreal para los humanos por que el carácter físico de las experiencias individuales y colectivas no se puede anular, ni el carácter físico del individuo ni del organismo, ni el entorno que le rodea. Se verifica, así, un abuso metafórico con la existencia de de malentendidos terminológicos y residuos de problemas teóricos.

Más que de desmaterialización se podría hablar, entonces, de “fantasmagorización”, pues si las cosas pierden su materialidad, viven todavía como simulacros de cosas.

Por otro lado, según una lectura algo apocalíptica, cuando las copias son demasiado perfectas ya no se puede distinguir entre lo que es original y lo que es copia: “vivimos en un mundo en el que la más alta función del símbolo es la de hacer desaparecer la realidad y la de enmascarar al mismo tiempo esa desaparición”, lo que Baudrillard (1978) denomina el “crimen perfecto”. El peligro, es entonces, creer tanto en los simulacros que se les tomen por reales.

²⁴ En los materiales avanzados, como las matrices poliméricas, la cerámica y determinadas ligas metálicas, se observa una liviandad una “rarefacción”. Entretanto, “su materialidad, precisamente por ser más sutil, es subrepticamente más invasora que la materialidad demasiado manifiesta de los materiales tradicionales. Guste o no guste, la materialidad de los materiales es obstinada y prepotente, y anularla es más difícil que se puede creer (Maldonado, 1994).

Cuando el verdadero ya no es lo que era, la nostalgia asumes su pleno significado. Hay una proliferación de los mitos de origen y de los señales de la realidad; de la verdad, objetividad y autenticidad de segunda mano. Hay una escalada del verdadero, de la experiencia vivida; una resurrección del figurativo donde el objeto y la sustancia han desaparecido (Baudrillard, 1983).

Se constata, por lo tanto, una paradoja. Por un lado el realismo creciente de las técnicas de simulación genera interrogantes acerca de la capacidad de aprehensión de la realidad, con repercusiones en los planos filosófico y epistemológico. Por el otro, estas mismas herramientas tienden a sustituir la realidad que en principio debería ayudar a comprender mejor.

Otro peligro reside en considerar lo real como una extensión de los mundos virtuales, en la medida en que lo virtual se torna la principal referencia²⁵. Este es un hecho relacionado con la estructuración del mundo a través de su forma de representación, lo que implica una virtualización del mundo (Quéau, 1999).

La generación de modelos sin referencia a la realidad, es lo que se puede denominar “hiperreal”, o “precesión del simulacro” (Baudrillard, 1983)²⁶.

Esta visión más radical de la era de la simulación postula la liquidación de todos los referentes y la substitución de los signos de lo real por el propio irreal, por su doble operativo. Esta sería la “capacidad asesina” de las imágenes, de matar su propio modelo, opuesta a la de mediar visiblemente el real (Baudrillard, 1983).

Maldonado (1994) se pregunta si la realidad virtual podría enriquecer nuestra experiencia, incluso proporcionar más experiencia de la que se habría podido obtener sin la mediación de la imagen, con la mediación simplemente empírica de la realidad. La ambivalencia en las realidades virtuales se da a través de una enajenación de la realidad, pero por otro lado también constituyen experiencias en si mismas, aportando un “valor cognoscitivo del imaginal”.

Por último, también se pueden observar instancias donde lo virtual se torna más real que la realidad misma. Es lo que Turkle (1997b) denomina el efecto del “cocodrilo artificial”, en referencia al cocodrilo de *Disneylandia*, diseñado para dominar la atención y que adopta comportamientos que no se observan en un animal real en el zoológico. Este efecto supone que lo falso es más persuasivo que lo real y que el mundo de la experiencia directa se encuentra devaluado. Este efecto se observa también en la televisión y en el vídeo, a través de recursos como la edición, con cortes y transiciones, con ángulos de cámaras cambiantes, resultando en una “simulación intensificada” y en un “estilo hiperactivo”. En su interpretación positiva, cuando la

²⁵ Este fenómeno se relaciona con en lo que la iconosfera se podría llamar iconolatría, o “la pérdida de conciencia de que las imágenes, aun siendo aquello por lo cual accedemos a la realidad, no son la realidad” (Cadoz, 1995).

²⁶ Además del efecto de suplantación de la realidad inmediata, el advenimiento de la iconosfera se caracteriza por un exceso de imágenes, que las hace invisibles; es el problema de la sobreinformación que se transforma en desinformación, de la “banalización icónica” (Maldonado, 1994).

experiencia directa es desordenada, el multimedia surge como una interpretación, como otra versión de la realidad.

La paradoja de que “lo virtual es más real que lo real” se explica también por el hecho de que la se trata de una “realidad propia capaz de sustituir los eventuales déficits de la realidad real” (Echeverría, 2000b).

1.3.2. La quiebra de la cultura

La articulación entre lo real y lo virtual, lo físico y lo simbólico está generando híbridos culturales que generan la renovación de la comunicación cultural en el mundo, al utilizar las nuevas formas de información y tecnologías de comunicación. Pero al mismo tiempo, según Castells (2001), en la “Era de la Información” emerge una contradicción cultural, en la cual los museos deberían demostrar capacidad de intervención. Esta contradicción emerge de la existencia de dos alternativas que se imponen a las instituciones de ámbito cultural. La primera se encuentra relacionada con la creatividad tecnológica y con la comunicación cultural global y la segunda con la tendencia de individualización de los mensajes. Esto causaría la fragmentación de la sociedad, dada la ausencia de códigos comunes de comunicación entre entidades particulares representaría la incapacidad de comunicación.

Castells, matiza los principales factores que influyen en esta división cultural. El primero, es el advenimiento de nuevos formatos culturales, principalmente a través de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información (NTIC) y la constitución de un hipertexto que contribuye a la fragmentación de los sentidos.

Como nota Castells (2001), todas las realidades se comunican por medio de símbolos y el nuevo entorno simbólico digital es un caso más: “la realidad, tal como se experimenta, siempre ha sido virtual porque siempre se percibe a través de símbolos que formulan la práctica con algún significado que se escapa de su estricta función semántica”. Es la capacidad de incluir a todas las expresiones culturales –a través de la “diversificación, multimodalidad y versatilidad”– lo que distingue el sistema de comunicación digital de otros sistemas de representación.

El establecimiento de barreras para entrar en este sistema de comunicación y la creación de contraseñas para la circulación y difusión de mensajes por el sistema son batallas cruciales para la nueva sociedad, cuyo resultado predetermina el destino de los conflictos interpuestos simbólicamente por los que se luchará en el nuevo entorno (Castells, 2001).

El segundo factor es la emergencia de un nuevo tipo de espacio, el espacio de flujo que se opone y aísla el local del global. En este espacio de flujo etéreo se sitúan las actividades centrales y estratégicas para la sociedad, mientras que es en el espacio real donde la identidad es

constituida y la experiencia expresada. Luego, el espacio real o se tornará aislado y un refugio de particularidades o se tornará subordinado a lo que pase en el ciberespacio.

Estos factores llevan a una disociación entre la cultura globalizada y las identidades locales y múltiples, basadas en códigos de experiencia local, con la consecuente división entre cultura de la elite global y la afirmación de signos específicos de identidad. Precisamente, los museos podrían enfatizar su afirmación cultural, incomunicable fuera de su propia referencia, llevando a una oposición de identidad entre museos virtuales y museos tradicionales. Por el contrario, algunas instituciones de la sociedad como son los museos se pueden tornar protocolos de comunicación entre diferentes identidades, al comunicar arte, ciencia y la experiencia humana, conectando dimensiones locales y globales de identidad, espacio y sociedad.

En esto sentido, los museos virtuales se convertirían en “conectores culturales”, al crear nuevas formas de comunicación, al sintetizar la experiencia humana de manera abierta a la sociedad. En este escenario, debería mantenerse anclados en una identidad histórica específica, mientras también abiertos a las corrientes multiculturales, pero sobretudo deberían ser espacios de innovación cultural y centros de experimentación. Por último, deberían ser capaces de articular flujos virtuales en sitios específicos, a la vez en que situaran la comunicación dentro de marcos espaciales.

1.3.3. Tecnologías transparentes, tecnologías opacas

La dualidad final entre los riesgos y las virtudes de las tecnologías de la virtualidad se relaciona con su forma de percepción, y por lo tanto, con su ubicación dentro de los sistemas de referencia y valores. En este sentido, asume notable importancia el concepto de interfaz.

La interfaz significa más que *hardware* de video, más que una pantalla a la cual miramos. La interfaz se refiere también al *software* o a la manera que alteramos activamente las operaciones de computadora y por lo tanto que alteramos el mundo controlado por el ordenador. La interfaz denota un punto de contacto donde el *software* conecta usuario humano a los procesadores del ordenador (...) Es nuestra interacción con el *software* que crea un interfaz. El interfaz significa que el se humano conectado. De la misma manera, la tecnología incorpora a seres humanos (Heim, 1993).

El posicionamiento del usuario como elemento central en la utilización del ordenador, necesitando la adecuación de las aplicaciones informáticas a sus expectativas y necesidades producen “efectos de realidad”, “enmascaramientos de la actividad de intermediación propia del medio que determina una diferencia, una distancia respecto de lo real” (Bettetini & Colombo, 1995).

En efecto, en el ámbito de la simulación de la interacción de un individuo con el entorno se tiende a reproponer las modalidades de acción directa sobre los objetos que caracterizan la acción en el entorno real. Respecto de esta finalidad, entonces, la representación de un diálogo que enmarque tanto visual como conceptualmente la acción sobre las imágenes y que esté constituido por la alternancia de menús y de selecciones operadas por el usuario o por otras modalidades que evoquen la interacción comunicativa entre individuos puede revelarse un obstáculo a la construcción de aquella que Brenda Laurel llama un continuidad referencial (Bettetini & Colombo, 1995).

El objetivo final sería lograr una “transparencia del sistema respecto a las acciones del usuario”. En última instancia, se trata de la evolución de las interfaces hacia sistemas que demanden del usuario competencias más cercanas a la interacción real de un individuo con su entorno.

El trato amigable con el usuario aúna los requerimientos de gratificación instantánea (...) con la utilización más intuitiva que inductiva. Quizás a causa de haber sido mimados por muy diferentes asistentes tecnológicos, pero también porque hemos perdido el hábito de hacer esfuerzos físicos, creemos que nuestras máquinas deben obedecer instantáneamente, sin pedirnos a nosotros nada excepto la atención, y a veces ni siquiera eso (de Kerckhove, 1999).

Por otro lado, las interfaces tienden a hacerse transparentes en la medida en que desaparecen de la percepción del individuo, como por ejemplo, los cristales de las gafas. Para Besenval (1997), las pantallas de ordenadores y de televisión ya no se perciben como objetos, sino como interfaces a la información, mientras que en otras tecnologías como el cine IMAX la pantalla todavía se encuentra presente en la atención del usuario.

Sin embargo, no solamente las interfaces logran alcanzar un estado de invisibilidad, sino las tecnologías mismas lo hacen. En este sentido, toda tecnología, antes de alcanzar un nivel de saturación en la cultura, debe atravesar dos etapas. La primera, llegar a ser patente, y en segundo lugar, interiorizarse hasta el nivel de la invisibilidad (de Kerckhove, 1999). Hasta que el *hardware* y el *software* se desplacen hacia el trasfondo, con las tareas situadas en el primer plano, la tecnología permanece no asimilada y es propicia para la crítica constructiva, en la medida en que la “camada electrónica de realidad” todavía es un prototipo (Heim, 1998).

Las tecnologías se hacen opacas para facilitar su uso y su difusión en lo que se concibe como “interfaz transparente” o “tecnología amigable”, no demandando que el usuario aprenda nuevos conocimientos prácticos para poder utilizarla, de que su uso sea simples. Lo que se ha concebido como una humanización de la tecnología tiene hoy la consecuencia de que todos los errores humanos deben absorberse por la máquina con el resultado de la “deslegitimación social de un sistema que se considera ajeno a los intereses humanos y dominado por la lógica interna de una tecnología inasequible” (Quintanilla, 2002).

La tecnología opaca supone el ocultamiento para el usuario de la tecnología pura y dura, a través de interfaces que establecen un “vínculo comunicativo basado en el diálogo”, resultando en una nueva forma de comprensión, a través de la interacción con la máquina. Los primeros ordenadores personales, en el sentido de estos análisis abiertos o transparentes, eran reducibles a sus mecanismos internos. La representación de la tecnología se daba con el conocimiento de lo que había por detrás de la pantalla, pese a los distintos niveles intermedios de *software* entre el usuario y la máquina (Turkle, 1997b).

Las tecnologías transparentes también se relacionan con el concepto de cultura tecnológica incorporada a los sistemas técnicos, aquellos conocimientos, prácticas y valores que son necesarios para el funcionamiento de un sistema técnico y que se sitúa dentro del contexto del concepto más amplio de cultura tecnológica, definida como el “conjunto de representaciones, valores y pautas de comportamiento compartidos por los miembros del grupo en los procesos de interacción y comunicación en los que se involucran sistemas tecnológicos” (Quintanilla, 2002).

Sin embargo, el aumento de la inteligibilidad se paga con una mayor opacidad respecto a los marcos de elaboración de los modelos y una incertidumbre respecto a las consecuencias reales o potenciales de esta abstracción (Quéau, 1999).

Por otro lado, la cultura de las tecnologías opacas también conduce a la interpretación de las cosas según el “valor de la interfaz” (Turkle, 1997b). Surge, entonces, una cultura de la simulación, de sustitución de las cosas por sus representaciones.

Existe, por lo tanto, una paradoja: cuanto más fácil es utilizar una tecnología, más incomprensible resulta el funcionamiento interno para los usuarios, de forma que “las tecnologías transparentes exigen ciudadanos ciegos” (Quintanilla, 2002). A partir de la filosofía de la tecnología, el problema de la interfaz se relaciona con el estado ontológico de los artefactos técnicos.

Para Pirsig (1974), los objetos dejan de ser algo de nuestra propiedad para ser algo que solamente se utiliza y que no hay que cuidar sino en la medida que cumplan su objetivo, produciéndose de esta forma un alejamiento y un extrañamiento con sus usuarios. Un acercamiento renovado a la cultura tecnológica se hace necesario para reintegrar el hombre a sus artefactos tecnológicos.

Aunque debido a la existencia de la paradoja este parezca ser un problema insoluble, Quintanilla (2002) sugiere la meta de “tecnologías entrañables: asimilables, amables, integrables en la propia vida, que se pueda disfrutar de ellas no sólo usándolas a ciegas, sino apropiándose de su lógica interna, comprendiéndolas” de forma que la tecnología se pueda integrar a la cultura²⁷.

²⁷ En este sentido, la propuesta del “ordenador subjetivo” es un ordenador que hace cosas con nosotros más que para nosotros, afectando incluso a nuestros modos de pensar acerca de nosotros mismo y las otras personas (Turkle, 1997b). En cambio, Heim (1998) postula que las tecnologías deberían ser “el mobiliario invisible de nuestra vida cotidiana”.

A partir de los conceptos de virtualidad, la realidad virtual como una forma de representación autónoma basada en modelos, y de la simulación como una forma alternativa de intelección y comprensión de la realidad, buscaremos en los Capítulos 5 y 6 aplicarlos a la comprensión profunda de nuevas formas de representación como son los museos virtuales y algunas de sus acciones educativas, como los experimentos virtuales entendidos como componentes de una nueva forma epistemológica. A partir del análisis teórico del concepto de virtual, de su relación con la realidad y de las nuevas formas de representación proporcionadas por las tecnologías de la información y la comunicación, nuestro objetivo es discernir el papel de complementación que estas iniciativas pueden tener tanto para los museos y centros interactivos tradicionales, como para el sector formal de la educación. Particularmente los museos se van a ver profundamente afectados por esta dialéctica real-virtual al mediar la relación entre las personas y los objetos, o según otra concepción, entre las personas y la información. Mientras tanto, especialmente los museos científicos y centros interactivos de ciencia deben tener sus acciones comprendidas dentro de un contexto más amplio, el del movimiento de la comunicación pública de la ciencia, tratada en el próximo capítulo.

Capítulo 2 – El movimiento de la comprensión pública de la ciencia y la tecnología

En este capítulo tratamos de la comprensión pública de la ciencia y de la tecnología¹, como elemento motivador para la actuación de los museos y centros de ciencia, analizando su desarrollo histórico, sus objetivos, sus problemas y los formatos a través de los cuales se puede materializar. Nuestra motivación se basa en el hecho de que el proyecto compartido de alcanzar una cultura científica generalizada en la sociedad necesita del campo de la museología científica, incluido dentro de la comunicación pública de la ciencia y solamente puede comprenderse en relación a ésta (Schiele, 2000).

Los factores que motivan el movimiento de comunicación pública de la ciencia se centran en los beneficios que el conocimiento sobre ciencia y tecnología puede traer a la sociedad como un todo:

Las personas y los pueblos necesitan un conocimiento científico actualizado por cuatro razones básicas: primero porque es poder, y ayuda a salir de la pobreza; segundo porque es imprescindible para alertarnos de los posibles riesgos producidos por el uso de las tecnologías; tercero porque nos da las mejores respuestas a las viejas preguntas sobre nuestros orígenes (el origen del universo, de la Tierra, de la vida, de nuestra especie), y cuarto porque los valores de la ciencia son similares a los de la democracia (Núñez, 1997).

Por otro lado, la cultura científica también ha de actualizarse permanentemente, en un papel relacionado con la educación continua:

Uno de los objetivos más importantes de la enseñanza de las ciencias es demostrar la eficacia de una racionalidad que ayude a superar los enfoques emocionales. Es decir, además de la seguridad que en el propio criterio que pueda ofrecer el conocimiento de conceptos y procesos fundamentales de la ciencia, la mentalidad científica ofrece un recurso inmejorable a las personas para ejercer una independencia crítica de opiniones, asentándolas siempre en la aceptación y la necesidad de respeto a la lógica (Núñez, 1997).

Para Schiele (2000), la calidad de la precisión, la crítica juiciosa y la libertad de juzgamiento asociados a la cultura científica, son útiles para todos los seres humanos, independientemente de seguir una carrera científica o no. Para Cossons (1996), más que cualquier otra justificación, es el carácter objetivo y su acceso privilegiado a la certeza lo que hacen de “la ciencia un discurso únicamente inasequible. Si la ciencia y la tecnología son los rasgos que caracterizan la cultural industrial occidental, entonces el discurso y la conducta de la ciencia demanda, como ningún otro, un proceso de decodificación e interpretación”.

¹ *Public understanding of science* (Reino Unido), *culture scientifique* (Francia) y *science literacy* (EE.UU) más que terminologías diferentes reflejan distintos acercamientos a este problema, reflejando el clima intelectual de cada país. Por otro lado, desde el punto de vista académico, aunque no exista un “campo ordenado y delimitado sistemáticamente, en la década que concluye los estudios acerca de la comunicación social de la ciencia han alcanzado un nivel y un volumen sin precedentes” (Yriart, 1998). Cabe destacar que el término “comunicación” implica una reciprocidad entre los actores involucrados en el proceso, en comparación con “comprensión pública”, además de no suponer una jerarquización entre expertos y no especialistas (van Dijck, 2002).

Tales objetivos quedan manifiestos en la Declaración de Granada, donde se hace un llamamiento a establecer un “compromiso social con la ciencia, que afecta a los científicos, a los ciudadanos, a los gobiernos, a los educadores, a las instituciones públicas, a las empresas, a los medios de comunicación” y reconociendo que “los enemigos a batir por la ciencia son los mismos que los de la filosofía, el arte o la literatura, esto es, la incultura, el oscurantismo, la barbarie, la miseria, la explotación humana” (VV.AA., 1999b).

Principalmente en Latinoamérica se detectan problemas relacionados con la comunicación pública de la ciencia, como son la falta de continuidad y de sistematización institucional en políticas de apoyo al conocimiento y al desarrollo científico y tecnológico, la falta de tradición de investigación en ciencias básicas e innovación tecnológicas y la existencia de una desigualdad social en el acceso y distribución del conocimiento y a la información. En este panorama la popularización surge como oportunidad para crear espacios de expresión y reflexión, que proporcionen la “recuperación de la cultura por parte del hombre ya que un hombre creativo, es un hombre con capacidad de pensar libremente. Es un hombre con capacidad de elección para dar respuesta a sus problemas cotidianos, que asume la responsabilidad que le toca como ciudadano frente al mundo científico y tecnológico en el que está inmerso”. En este contexto, la circulación del conocimiento puede servir para el fortalecimiento de las culturas nacionales; para la construcción de valores éticos y para la educación creativa, participativa, independiente y plural (Merino, 2001).

Otra forma de justificación de la comunicación pública de la ciencia se basa en un enfoque ambientalista, con los argumentos de que las necesidades básicas de la vida –agua, comida, medicina, cobijo, recursos energéticos, recursos materiales– se encuentran estrechamente vinculadas a tópicos de ciencia y tecnología; de que las políticas públicas –por ejemplo las convenciones negociadas internacionalmente sobre la biodiversidad o los límites de pesca o la regeneración de la capa de ozono– se reclaman por el público y necesitan implicación directa con cuestiones éticas vinculadas al desarrollo tecnológico y por último, que como actividad de comunicación, también puede proporcionar lecciones acerca de un patrimonio compartido, tratando de mirar críticamente al pasado y evitar errores ya cometidos. En este sentido, el patrimonio es la “suma total de todos los éxitos y fracasos de la sociedad”, un repositorio de conocimiento, que combinado con nuevas investigaciones puede determinar un rumbo sostenible de decisiones y acciones para el futuro (Koster, 2000).

Las motivaciones para la divulgación científica a lo largo de la historia han respondido a distintos estímulos y objetivos, como por ejemplo, servir de herramienta para la provisión de pruebas de la capacidad humana para dominar la naturaleza, como justificación de los proyectos de las clases dominantes de una era, como afirmación de la razón, como símbolo e instrumento de progreso y como instrumento de liberación social (de Paiva Abreu, 2001).

Por otro lado, la comprensión pública de la ciencia también supone una relación con la comprensión de la propia ciencia; de su funcionamiento interno y de su impacto sobre la sociedad. En este sentido, los denominados estudios **Ciencia, Tecnología y Sociedad**, o más brevemente CTS, han puesto en evidencia algunos desafíos acerca de los esquemas de producción de conocimiento, de las prácticas y de la organización de la ciencia.

Otra cuestión necesaria al analizar la comprensión pública de la ciencia es determinar exactamente lo que entiende por comprensión. Algunos autores igualan comprensión a información, y los primeros trabajos sobre alfabetización científica hacían hincapié en la adquisición de conceptos y hechos científicos, esquema criticado posteriormente en vista de la falacia de la denominada “información miscelánea”, que cuestionaba la utilidad de la información relacionada con el interés o con la realidad del público. Otros autores igualan comprensión a apreciación o interés por la cuestiones científicas, un asunto que por un lado se relaciona con la financiación de la ciencia, pues esta depende del soporte público, y por otro con posibles reacciones hostiles hacia la idea del progreso científico y técnico (Gregory & Miller, 1998).

Thomas y Durant (1997) clasifican los beneficios de la comunicación pública de la ciencia en cuatro categorías. La primera sería la de los **beneficios a la ciencia**, que vincula el público a la financiación, asumiendo que en las sociedades democráticas la ciencia se financia a través de impuestos y los contribuyentes no solamente tienen derecho a saber como se gasta este dinero, sino también participan en el proceso de distribución de recursos, a través de la elección de sus representantes y por consiguiente, de determinadas políticas científicas. Hay evidencias de que una mayor comprensión de la ciencia también puede generar conflictos con los intereses de la comunidad científica, con la existencia de un mayor nivel de crítica e incluso de hostilidad.

En segundo lugar se encuentran los **beneficios a economías nacionales**, con el posible incremento de búsqueda por las carreras de ciencia y tecnología, tanto en lo que son investigadores de alto nivel como trabajadores técnicamente competentes, factor determinante para el mantenimiento de un sistema capaz de realizar la investigación científica y su aplicación tecnológica, y que estas sirvan como motores de una economía competitiva en el ámbito internacional. Por otro lado, los beneficios al poder e influencia nacionales también derivan de la superioridad científica y tecnológica, que puede convertirse en un fuerte argumento en las relaciones internacionales (el ejemplo clásico es la carrera espacial, ó el sector bélico), pero hay que convencer a los que no sean miembros de la comunidad científica de este supuesto potencial.

En tercer lugar, también aportaría **beneficios a individuos**, con el argumento de que en el ámbito de la toma de decisiones personales, un mayor conocimiento sobre ciencia influye en la vida cotidiana de las personas, principalmente cuando están directamente afectadas por un determinado tema científico o médico. Otra consecuencia se relaciona con el mercado de trabajo, y en este sentido la carrera científica se puede ver como una salida profesional.

Los **beneficios para el gobierno democrático y para la sociedad como un todo** devienen del hecho de que los votantes informados tienen el poder del voto, así como los consumidores informados tienen el poder de compra o de boicot sobre los productos derivados de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, pese a este argumento, en la práctica el poder real de los ciudadanos es pequeño y no hay relación inmediata entre la comprensión pública de la ciencia y la intervención directa en el poder democrático y económico (*ver 2.4*). La existencia de clases marginadas en la sociedad ajenas a la ciencia está causando división social, poniendo en peligro el funcionamiento de la propia democracia.

Por último, los **beneficios intelectuales, estéticos y morales**, por el hecho de que la ciencia es parte integrante de la cultura. Ya en el plan moral se argumenta que el debate consensuado que caracteriza a la ciencia, con la búsqueda de la verdad objetiva y el reconocimiento de los hallazgos ajenos, podría servir como guía moral en el caso de disputas sociales y políticas.

También cabe destacar que el concepto de una comunicación pública de la ciencia se produce solamente a partir del momento en el que surge la comunidad científica como ente social específico e institucionalizado, con sus propias normas y prácticas, ajenos al gran público. Como resultado, se pueden observar dos formas de comunicación científica, que atiende a distintos públicos y que poseen claras diferencias en relación con sus objetivos, contenidos y formas de producción.

Pese a la importancia asignada a la comunicación científica y a innumerables programas y estrategias realizadas en las últimas décadas, la “*Declaración de Morón*” reconoce que “no hemos conseguido que el periodismo científico sea una realidad palpable e influyente en el individuo y en la sociedad, ni que tome carta de la naturaleza al servicio de aquellos segmentos de población menos dotados, cultural y económicamente (...) no se ha introducido en el tejido social el debate sobre las relaciones entre ciencia y sociedad” (VV.AA., 2000).

Por último, la relación entre ciencia, tecnología, política y mercado compromete la independencia y la calidad de la información. Se cree que en estos momentos se experimenta un cerco a la información científica y crítica, visando el sigilo y el control para proteger los intereses privados. Así, el carácter privado –en oposición a público– es esencial en la financiación de investigaciones caras y de alto riesgo en relación la inversión realizada. Ante este problema, la “*Declaración de Budapest*” hace un llamamiento para que se haga divulgación de forma “precisa, clara, independiente, honesta e íntegra” (VV.AA., 1999a).

2.1. La imagen de la ciencia ante el público

El desarrollo de la ciencia y la tecnología tiene un papel cada vez más significativo en el mundo moderno, con la implicación de algunos factores específicos en las conexiones entre el sistema científico y técnico, la economía y la vida social. De estos factores, podríamos destacar el ritmo extraordinariamente rápido con el cual avanza el progreso tecnológico; la amplitud y profundidad con que estos cambios afectan a todos los sectores de la economía y extractos sociales y la estrecha interdependencia entre innovación tecnológica, investigación científica y cambio social. Como consecuencia de tal situación, el reto tecnológico demanda por parte de la sociedad respuestas de carácter político, en las cuales las instituciones democráticas deben desempeñar un papel fundamental. En una sociedad pluralista y democrática, por lo tanto, la información sobre los procesos y la importancia de la ciencia y la tecnología deben encontrar su espacio en una opinión pública debidamente informada, capaz de expresar y exigir sus derechos. La comunicación pública de la ciencia y de la tecnología se presenta como uno de los principales procesos a través de los cuales este tipo de información se transmite a la sociedad y en este punto reside su importancia (Quintanilla & Bravo, 1998).

Por otro lado, la reacción y participación de la sociedad en temas relacionados con la ciencia y la tecnología se encuentra fuertemente condicionada a la percepción social de estas últimas. Dentro de un contexto en el cual nuestra visión del mundo y nuestra propia auto-imagen son mediadas por el desarrollo científico-tecnológico, partimos de una imagen popular de la ciencia basada en la confianza, con firmes raíces en la historia política, económica y social del siglo XIX, denominada por T. H. Huxley como la Iglesia Científica, hasta llegar a los movimientos anticientíficos y a la pérdida de la inocencia mesiánica de la ciencia de la actualidad.

El Proyecto Manhattan y su trágica aplicación en Hiroshima (1945), así como otros desarrollos tecnológicos vinculados a los sectores militares han representado el primer punto de inflexión en la concepción optimista del carácter benefactor de la ciencia y la tecnología, junto a una preocupación por los problemas ambientales, situación acrecentada por las nuevas perspectivas abiertas en la ingeniería genética y biología molecular. A partir de este momento se empiezan a debatir los posibles usos negativos de la tecnología, así como la cuestión de su neutralidad política, social y económica. Por otro lado, también surge la confusión entre la ciencia y su aplicación tecnológica, en una sociedad que empieza “a culpar a los científicos y técnicos de los pecados cometidos por dirigentes políticos y empresariales. Empezó a difundirse el camelo de que la ciencia y la técnica son la misma cosa, y que esta cosa es más perniciosa que beneficiosa” (González García, López Cerezo, & Luján López, 1996).

Esta reacción contra la ciencia y la tecnología también se justifica por el hecho de que, así como la subjetividad puede contaminar los estudios históricos, algo parecido puede pasar con la actividad científica. En palabras de Carl Sagan (1999):

Tenemos sesgos, respiramos como todo el mundo los prejuicios predominantes que imperan en nuestro entorno. A veces, los científicos han dado apoyo y sustento a doctrinas nocivas (incluyendo la supuesta “superioridad” de un grupo étnico o género sobre otro a partir de las medidas del cerebro, las protuberancias del cráneo, o los tests de coeficiencia intelectual). Los científicos suelen resistirse a ofender a los ricos y poderosos. De vez en cuando, uno de ellos engaña y roba. Algunos –muchos sin rastro de pesar moral– trabajaron para los nazis. También exhiben tendencias relacionadas con los chauvinismos humanos y con nuestras limitaciones intelectuales. Como he comentado antes, los científicos también son responsables de tecnologías mortales: a veces las inventan a propósito, a veces por mostrar la suficiente cautela ante efectos secundarios no previstos. Pero también son los científicos los que, en la mayoría de estos casos nos han advertido del peligro.

Con la pérdida de su aura de herramienta salvadora de la humanidad, la imagen contraria a la ciencia se difunde, alcanzando también a los medios de comunicación (Franklin, 1998). La imagen que frecuentemente presenta a los científicos como “tarados morales, guiados por un afán de poder o dotados de una insensibilidad espectacular hacia los sentimientos de los demás. El mensaje que se transmite al público infantil es que la ciencia es peligrosa y los científicos algo peor que malvados: están enloquecidos.” (Sagan, 1999).

En otro extremo, la “mística del científico” presenta una ciencia idealizada, esotérica, lejana de la práctica común y realizada por genios aislados cuyo éxito revela la combinación de inspiración y dedicación. Esta imagen puede resultar conveniente para los científicos que buscan un mejor estatus y autonomía de investigación, pero al descuidar la sustancia de la ciencia, el proceso de investigación y la responsabilidad científica, los medios contribuyen a alejar la ciencia del ciudadano de a pie.

Mientras tanto, los mensajes que aparecen en la prensa popular acerca de las mujeres científicas refleja la capacidad de hacerlo todo: de ser femenina, maternal y a la vez tener éxito; lejos de estar aisladas del resto de los mortales, las mujeres científicas son admiradas por combinar actividades domésticas y profesionales (Nelkin, 1995). Basándose en un análisis sobre los temas seleccionados y publicados en dos revistas científicas internacionales, *Science* y *Nature*, durante los años noventa, se puede observar que los temas debatidos entorno a la participación de la mujer en la ciencia se rigen por una pauta internacional, lo que demuestra la importancia de esta cuestión para la comunidad científica². Uno de los temas predominantes, dentro de estos mensajes es la cuestión de si la mujer científica es capaz de realizar investigación científica puntera, manteniendo a la vez una vida familiar (Maciel, 2002).

² Gregory y Miller (1998) se preguntan si el debate tuvo alguna consecuencia para el movimiento de comprensión pública de la ciencia, lo que constituye una interesante cuestión de investigación en este campo.

La imagen negativa de la ciencia también se ha visto potenciada por los “críticos de la ciencia”, a partir de una “reacción romántica” que se inicia desde algunos sectores académicos vinculados al postmodernismo y a las ciencias sociales, que proponen la ciencia como “un mito de la modernidad”. Al utilizar las mismas herramientas de la ciencia, funcionando bajo los mismos presupuestos metodológicos, estas críticas son más difíciles de ignorar en comparación con las que vienen de un público no especializado. Holton (1998) identifica dentro de esta función histórica de deslegitimación de la ciencia la vertiente académica, que proviene tanto de un espectro más serio de la sociología de la ciencia y que atribuye a la ciencia el carácter de mito, como de algunos sectores radicales de lo que se denomina la “izquierda académica”, abarcando la tradición postmodernista, el marxismo tradicional, el feminismo radical, el multiculturalismo y el ambientalismo radical.

Sin embargo, una de las críticas más amenazadoras al estatus de la ciencia es aquella que se relaciona con el poder explicativo de la ciencia. Así, el “constructivismo social” del conocimiento científico postula que los científicos, más que utilizar un método infalible, construyen explicaciones a partir de datos e interpretaciones, de forma condicionada por las prescripciones culturales y morales de la comunidad científica y de sus expectativas acerca del mundo natural. Gross y Levitt (1998) rebaten, por otro lado, que los sociólogos de la ciencia han fallado al presentar casos de influencia social en los debates e investigaciones científicas.

Otra crítica se relaciona con la cuestión de la confianza, de los poderes y límites de la ciencia, y en este sentido se pregunta ¿en qué medida la ciencia puede proporcionar un conocimiento fiable objetivo y ausente de sesgos? Para algunos sociólogos de la ciencia, las controversias científicas terminan no con la revelación de una “verdad”, sino con la construcción de esta por parte de la comunidad científica, hecho que implica un control privado del conocimiento, en otras palabras, un auto-interés. Los juicios científicos, por lo tanto, se basarían más en el poder y reputación de los grupos beligerantes y en las presiones sociales a nivel interno que en una objetividad idealizada (Latour, 1987). La implicación es que la ciencia que el público debe conocer para participar en el proceso democrático es la ciencia de la controversia, con el retrato de los desacuerdos y incertidumbres que operan en la esfera pública (Collins, 1996)

De esta manera, la percepción pública de la ciencia y la tecnología es en nuestros días una percepción esquizofrénica, con la comunidad académica y los medios de comunicación contribuyendo a ello. Esta percepción ha crecido en la opinión pública debida a mensajes contrapuestos, emitidas por grupos que han tomado posiciones distintas y extremas respecto a nuestra civilización tecnológica y dentro de este contexto no es “exagerado hablar de tecno-optimistas y tecno-pesimistas. Si por un lado hay quienes piensan que la mayoría de nuestros problemas sociales, económicos, políticos y culturales se resolverán por nuevas tecnologías, otros se encuentran convencidos de todo el contrario: tales problemas se encuentran, de una u otra

forma, causados por la tecnología y en consecuencia, la adopción de nuevas tecnología los agravará y contribuirá para la aparición de nuevos problemas” (González García *et al.*, 1996).

Por otro lado, la aceptación pública de la ciencia parece estar estrechamente vinculada a la posibilidad de aplicaciones tecnológicas inmediatas; este énfasis en aplicaciones también es fomentado y promocionado por los científicos en sus actuaciones de comunicación pública de la ciencia, en busca de soporte económico a sus investigaciones (Nelkin, 1995).

Según la encuesta realizada por la Comisión Europea en el año 2001, denominada Eurobarómetro “*Europeans, Science and Technology*”, en los países centro-europeos prevalece todavía una percepción positiva de la ciencia y tecnología –con un 45,3% de los entrevistados demostrando interés en temas de ciencia y tecnología, según una correlación con el país de origen y la edad– aunque también persista la percepción de “Caja de Pandora” y de que la ciencia y la tecnología ya no se consideran una panacea para todos los problemas. A pesar de esto, se observa una cierta estabilidad en los niveles de alfabetización científica (*ver 2.3.3*). En relación con el seguimiento de la información científica, dos tercios de los encuestados se consideran mal informados acerca de estos temas; la televisión constituye la fuente de información más importante (60%), seguida por la prensa escrita (41%), por la radio (27%) y por las escuelas y universidades (22%). Además, el 53% cree que los periodistas que cubren los temas de ciencia y tecnología no poseen el conocimiento o entrenamiento necesarios para realizar esta tarea. Entre los jóvenes, la causa explícita para el descenso en el interés por la ciencia en general y por las carreras científicas es que las clases en la escuela no resultan suficiente atractivas (59%), que los temas científicos se consideran demasiado difíciles (55%) y que las perspectivas de carreras de ciencias no son suficientemente atractivas (42%) (Comisión Europea, 2001).

Cabe destacar que el “Eurobarómetro” constituye el principal instrumento para el estudio comparativo de la percepción pública de la ciencia y la tecnología; en relación con este tema los estudios realizados en 1978, 1989, 1992 y 2001 son los más importantes. Por otro lado, Pardo y Calvo (2002) han realizado un análisis estadístico y de la metodología de este instrumento, concluyendo que es formalmente y conceptualmente débil, alejado del estándar adoptado por otras áreas de la investigación social. Sus críticas se centran en el hecho de que las escalas utilizadas están sesgadas y son parciales, lo que amenaza la fiabilidad de los resultados. Las escalas deberían retratar distintas dimensiones de la ciencia, contemplando distintas facetas en la percepción y valoración de la ciencia. Por ejemplo, la evaluación de actitudes debe tener en cuenta criterios como la percepción de la utilidad, las consideraciones morales, la percepción del riesgo tecnológico, los posibles beneficios para la salud, los impactos sobre la estratificación social en un país y entre distintos países. El alineamiento de la teoría, la metodología y el análisis estadístico así como la adopción de protocolos de comunicación e interpretación son necesarios para el progreso en este campo. Pero pese a sus limitaciones, los datos existentes pueden

contribuir a la creación de un cuadro preliminar de las actitudes caracterizando la cultura científica actual, para utilizarse como ayuda en la construcción de nuevos instrumentos (Pardo & Calvo, 2002).

Encuestas realizadas en Estados Unidos también revelan datos similares y la existencia de una paradoja: mientras que los niveles de interés por la ciencia han permanecido altos durante dos décadas consecutivas, los niveles de información se han mantenido bajos. Las encuestas realizadas por la *National Science Foundation* también tienen en cuenta la comprensión del método científico, distinguiendo entre tres niveles de conceptualización. El primero se relaciona con la ciencia percibida como actividad para la construcción y prueba de una teoría, con el objetivo de aumentar la comprensión acerca de la naturaleza. El segundo, la concepción de la ciencia como un modo de experimentación, en el cual las ideas científicas son puestas a prueba. Por último, también se investiga en qué medida se percibe la ciencia como una actividad dedicada a la construcción de teorías, en contra de una visión puramente empírica. Los últimos estudios han indicado que un 87% de los encuestados cree que el mundo es un lugar mejor debido a la ciencia y la tecnología, confirmando una creencia surgida en el período de postguerra, de que la ciencia va mejorar la calidad de vida. Pese a esta constatación, todavía se puede detectar una división profunda en relación a varias e importantes tecnologías, como por ejemplo la utilización de energía nuclear y la ingeniería genética.

Este hecho se corresponde a la propuesta de Bunge (1990), para quien la ciencia y la técnica no intervienen de forma directa en la vida cotidiana, sino indirectamente a través de artefactos, revelando a su vez una actitud incoherente, con la dualidad de un deseo por el progreso industrial y social, pero sin pagar el precio de aprender los fundamentos de la ciencia y tecnología.

Particularmente, la tradición hispánica en la ciencia y la técnica deriva en una situación muy pobre con relación a otras naciones occidentales industrializadas, con un apoyo insuficiente a la investigación científica y técnica que provoca atraso industrial y un círculo vicioso, pues “no hay técnica donde no hay industria nacional y no hay industria nacional donde no hay técnica” (Bunge, 1990). Esta tradición se podría explicar por una causa psicológica, es decir, la falta de interés se deriva de la falta de modelos, de la enseñanza mal practicada en las escuelas y de una mentalidad tradicional basada en el pensamiento mágico. España eludió el Renacimiento, la Reforma y la Revolución Científica³, movimientos renovadores que han conformado el mundo moderno, hecho que tuvo su repercusión en las colonias. Si añadimos a

³ En el caso de Brasil, mientras que en la segunda mitad del siglo XVIII en otros países del Nuevo Mundo existían instituciones y centros de enseñanza superior, las preocupaciones por la ciencia eran vistas como manifestaciones peligrosas hacia la monarquía. Apenas a partir de 1808 con la llegada de la familia real portuguesa se rompe con el bloqueo cultural y se crean las instituciones de enseñanza superior y actividades científicas (Kreinz, 2000).

esto el desprecio de la nobleza por el trabajo manual, eludiendo el trabajo de investigación científica y técnica y por “cuestión de actitudes e intereses, de valores y de ideología, de no valorar el conocimiento por si mismo, sino sólo como instrumento para la acción o para la salvación”, resulta que la ideología es la clave principal para la comprensión del subdesarrollo científico y técnico en el mundo hispánico.

Para contrarrestar esta tendencia cultural, los cambios necesarios son la promoción de la docencia, mejorando la preparación del personal docente, con una formación razonable en la disciplina que enseñan, con el fomento de la motivación para poder transmitir interés, además de la mejora de la condición social del docente, con buenas condiciones de trabajo y buenos salarios. La reforma de la orientación de la enseñanza también implica aumentar el número de horas dedicadas a la enseñanza de las ciencias, multiplicar el número de laboratorios y talleres; la reforma de los métodos de enseñanza, mejorando los manuales y las guías de trabajo práctico; minimizar la memorización fomentando la capacidad de búsqueda, investigación y razonamiento; maximizar los trabajos prácticos y los proyectos. Por otro lado, para llegar al público, buscar iniciativas como las de los centros o museos de ciencia y técnica como forma de despertar el interés por la ciencia y la tecnología, dinámica y participativa. También es necesario criticar el pensamiento mágico dentro y fuera del aula, valorando el pensamiento crítico y combatiendo activamente la superstición y las pseudociencias.

En el plano académico, se debería contrarrestar la embestida “posmoderna” contra la lógica la ciencia y la técnica que critican la confianza en la razón y la búsqueda de la verdad, así como la creencia en la realidad del mundo exterior. También investigar la popularización de las ciencias y de las técnicas, enseñando filosofía, sociología e historia de la ciencia e intensificar la educación de los adultos, convirtiendo el aprendizaje en una ocupación vitalicia. La educación continua debería ser un derecho y también un deber humano como forma de adaptarse rápidamente a los cambios. Para llegar al poder público, sería necesario educar al gobernante, con el objetivo de que los estadistas comprendan el puesto que ocupan la ciencia y la técnica en una sociedad moderna y democrática, con la organización de grupos de presión y esclarecimiento, iniciativas constructivas y críticas. En conclusión, se precisa una reforma educativa permanente, por que la ciencia la técnica y la sociedad cambian de forma continua y para cumplir funciones culturales, técnicas y políticas se necesita una implicación auténtica en la democracia. De ahí la importancia de ciudadanos cultos para una participación activa.

Según López Cerezo, Méndez Sanz y Todt (1998), los factores que influyen en el aumento de la sensibilidad social acerca de la ciencia y tecnología son varios. En primer lugar, una imagen de ambivalencia en la percepción del público de los efectos y consecuencias –tanto positivos como negativos– sobre la vida cotidiana y la sociedad. La tecnología ha fracasado en la solución de problemas sociales y ha contribuido a crear otros nuevos, además de generar

preocupaciones sociales sobre los riesgos de su utilización, de las implicaciones éticas, del uso de descubrimientos científicos e innovaciones tecnológicas y de la distribución equitativa de recursos, costes sociales y ambientales. En segundo lugar, se observa un nuevo papel de los técnicos en la sociedad, con una mayor importancia política del conocimiento especializado y el cambio resultante en la naturaleza del ejercicio del poder y del control social. En otras palabras, la tecnocracia emerge con más influencia sobre el poder político, a través de la institucionalización del asesoramiento técnico.

A esto se suman los nuevos conceptos de participación sociopolítica y de interés de los ciudadanos en participar en la toma de decisiones públicas (*ver 2.4.*). Por último, una nueva imagen del ser humano como parte del entorno bio-social, con una tendencia a reconocer la fragilidad de la biosfera y de que depende de nosotros evitar que la exploración de recursos vitales acabe con sus fuentes, por la responsabilidad con las generaciones futuras y con los segmentos sociales menos favorecidos

Históricamente, a partir de los años setenta los estudios de Ciencia-Tecnología y Sociedad buscan evidenciar estas relaciones:

La clave se encuentra en presentar la ciencia-tecnología no como un proceso o actividad autónoma que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo, sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no técnicos (por ejemplo valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en su génesis y consolidación. La complejidad de los problemas abordados y su flexibilidad interpretativa desde distintos marcos teóricos, hacen necesaria la presencia de esos elementos no técnicos bajo la forma de valores o de intereses contextuales. En otras palabras, el cambio científico-tecnológico no es visto como resultado de algo tan simple como una fuerza endógena, un método universal que garantice la objetividad de la ciencia y su acercamiento a la verdad, sino que constituye una compleja actividad humana, sin duda con un tremendo poder explicativo e instrumental, pero que tiene lugar en contextos sociopolíticos dados (López Cerezo, 1998).

Los estudios CTS se pueden clasificar en dos grandes tradiciones, según el enfoque sobre la contextualización social de la ciencia y la tecnología. El primer acercamiento, denominado *Science and Technology Studies*, también conocido como la “tradición europea”, se basa en el “programa fuerte” de la sociología del conocimiento científico y se centra en los antecedentes de los estudios sociales de la ciencia, desde la sociología clásica del conocimiento hasta la interpretación radical de Thomas Kuhn. Por otro lado, lo que se denomina *Science, Technology and Society*, o tradición norteamericana, se centra en las consecuencias sociales de los productos tecnológicos y tiene un enfoque más activista, y basado en las ciencias humanas. El núcleo común de ambos acercamientos es el rechazo de la imagen de la ciencia como actividad pura y la crítica de la concepción de la tecnología como ciencia aplicada y neutra.

En el campo académico, los estudios CTS postulan una visión contextualizada de la ciencia como proceso social, mientras que en los campos de las políticas públicas defienden la

reglamentación pública de la ciencia y la tecnología, con la promoción de mecanismos democráticos que faciliten los procesos de toma de decisiones en cuestiones relacionadas con las políticas científicas y tecnológicas. Por último, en el campo ético y moral, se necesita una revisión de valores, estableciendo el cambio de prioridades y objetivos y la reorientación de la ciencia y la tecnología hacia las necesidades sociales y también una revisión epistemológica de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, con la desmitificación de que la tecnología es inevitable y benefactora en todos los casos:

Un reto que no va contra la ciencia sino a favor de ella, de una ciencia realista y socialmente comprometida, de una ciencia en alianza con la tecnología que no se limita a acumular conocimiento y avanzar siempre un paso más, sin importar en qué dirección. Lo que distingue al hombre instruido del hombre sabio es que éste, a diferencia de aquél, es consciente de sus limitaciones y pone el conocimiento al servicio de sus valores (López Cerezo, 1998).

Esta orientación también se da a la educación de las ciencias, particularmente en lo que se denomina “educación CTS”, con la aplicación de los puntos anteriores al ámbito educativo, lo que logra la aproximación de la cultura humanística y la científico-tecnológica y cambios en los contenidos, metodologías y actitudes (*ver 4.1.2*).

Por otro lado, en América Latina el pensamiento CTS desarrolla su propia tradición, teniendo en cuenta sobre todo la determinación de qué ciencia y a qué tecnología se está refiriendo, dado el bajo nivel en ciencia y tecnología evidenciado a través de cualquier tipo de indicador posible –gastos en actividades de ciencia y tecnología, contribución al producto interior bruto, proporción de la población representada por científicos y tecnólogos, contribución al panorama internacional– en estos países. De forma que los estudios CTS surgen a finales de los sesenta como crítica a la situación de la ciencia y la tecnología y de aspectos de la política estatal en el área, investigando los problemas del subdesarrollo como resultado de la dominancia del sistema de preponderancia mundial, expresado a través de la dominación cultural que fomenta el “pensamiento legítimamente autónomo de la región, refutando la transferencia acrítica y descontextualizada de ideas, marcos conceptuales, creencias, formatos institucionales y usos administrativos de los países centrales a los periféricos” (Vacarezza, 2002).

Frente esta situación, en la cual la ciencia se percibe socialmente a través de una clara dicotomía⁴, en la cual los científicos, a título individual, se presentan en los medios de comunicación de forma caricaturizada y en la cual la comunicación pública de la ciencia surge

⁴ Una interesante metáfora para describir a la ciencia, en términos de una posición intermedia entre el pesimismo y el optimismo exarcebados: “¿Qué es, pues, la ciencia? La ciencia es un gólem. Un gólem es una criatura de la mitología judía. Es un humanoide hecho por el hombre de arcilla y agua con ensalmos y conjuros. Es poderoso. Cada día lo es un poco más. Obedecerá órdenes, hará su trabajo y te protegerá del enemigo, siempre amenazante. Pero es torpe y peligroso. Si no se le controlase, un gólem mataría a sus dueños con aplastante vigor” (Collins & Pinch, 1994).

como herramienta de participación democrática, con relación a las decisiones políticas en ciencia y tecnología, se detecta la necesidad de retratar la ciencia como una actividad social organizada, dotada de mecanismos internos de evaluación y detección de errores y que depende mucho más de elementos individuales de que su conjunto social. En otras palabras, la ciencia, pese a sus errores, obedece a una lógica y a una organización bien establecida, que funciona como controladores de este elemento fundamental de la actividad humana.

2.2. Alfabetización y cultura científica

En la actualidad muchos autores se preocupan por la existencia de un desequilibrio entre el desarrollo de la ciencia y tecnología por una parte, y de la educación científica del ciudadano por otra. El “analfabetismo científico” constituye un obstáculo importante para la comprensión pública de la ciencia y de la tecnología.

A la vez, la aceleración de las tasas de creación y difusión del conocimiento también implican unos cambios de paradigmas relacionados con la fuerza de trabajo y con el sistema productivo. La creación de nuevos cargos, dejando obsoletas a las antiguas profesiones, la reducción de la fuerza de trabajo debido al empleo de procesos tecnológicos sustitutivos de la mano de obra tradicional y el traslado de profesionales a nuevos sectores de actuación implican una nueva demanda de cualificación. En relación a los cambios comentados, se requieren, por ejemplo, el reciclaje de profesionales ligados a las nuevas profesiones, la recalificación de profesionales para adaptarlos a las innovaciones tecnológicas, la necesidad de formación continuada, del autoaprendizaje y del fomento de la capacidad de buscar la información por uno mismo. A su vez, la educación escolar también debe reaccionar, fomentando el desarrollo de hábitos y actitudes que auxilien al individuo en su necesidad informativa y formativa, con el objetivo último de consolidarlo como ciudadano.

Un concepto estrechamente relacionado con la alfabetización científica es la alfabetización informativa, que establece las habilidades para acceder a la información y para realizar una “reflexión crítica sobre la naturaleza de la información en sí, y su contexto e impacto social, cultural e incluso filosófico (Welborn & Kanar, 2000). Este tipo de alfabetización se divide en varias dimensiones, de las cuales las más importantes son la utilización de las herramientas de información como los ordenadores, impresoras, aplicaciones de red; del conocimiento de los recursos, formatos, ubicación y métodos de acceso a las fuentes de información y de la comprensión de la estructura social subyacente a la información, o en otras palabras, de cómo la información es producida y situada socialmente.

En la práctica el analfabetismo científico se revela a través de la superstición, de las condiciones sanitarias inadecuadas, de la falta de acceso a oportunidades de trabajo y crecimiento profesional y por otro lado, por el escaso aprovechamiento que los gobiernos hacen del conocimiento científico para la resolución de problemas productivos y sociales y de la utilización de los recursos naturales bajo esquemas de desarrollo sostenible (Padilla, 2001).

Para abordar el tema de la alfabetización científica, por lo tanto, es necesario definir en primer lugar el concepto de alfabetización. Pese a las diferencias entre las propuestas teóricas, la alfabetización se puede definir como el nivel mínimo de habilidades de lectura y escritura que un individuo debe tener para participar en la comunicación escrita. Este concepto se presenta como una dicotomía, justamente por que define una medida límite que separa dos estados. La definición del valor límite es subjetivo, pero hay un consenso acerca de las habilidades, por general situadas en un mismo dominio del conocimiento, y de los conocimientos necesarios para establecer una funcionalidad mínima. También es importante comentar el concepto de alfabetización funcional, definida como las habilidades mínimas para que el ciudadano opere en la sociedad contemporánea. Cabe notar que cualquier definición de alfabetización es inherentemente relativa al carácter de la sociedad que la utiliza, debido a la diversidad de sistemas sociales y económicos existentes en el mundo (Miller, 2000a).

De esta manera, la alfabetización científica se puede definir como el nivel mínimo de comprensión en ciencia y tecnología que las personas deben tener para operar a nivel básico como ciudadanos y consumidores en la sociedad tecnológica. Según la propuesta de Miller, (2000b), el concepto de alfabetización científica implica tres dimensiones. La primera consiste de un vocabulario básico de construcciones científicas, suficiente para que se perciban la existencia de visiones contrapuestas en un periódico o una revista. Se trataría de un “vocabulario científico mínimo”, incluyendo términos básicos como “átomo”, “molécula”, “célula”, “gen”, “gravedad”, “radiación”. En segundo lugar, una comprensión del proceso o naturaleza del método científico, permitiendo la distinción entre ciencia y pseudociencia y el seguimiento de controversias científicas.

Y por último, una comprensión acerca del impacto de la ciencia y la tecnología sobre los individuos y la sociedad. Este tercer punto varía considerablemente entre países y para la realización de comparaciones se utiliza un acercamiento bidimensional al concepto (Miller, 2000a). La obtención de un nivel razonable en cada una de estas tres dimensiones proporcionaría un nivel de competencia suficiente para la comprensión y seguimiento de temas relacionados con la ciencia y la tecnología en los medios de comunicación.

Otra dimensión, menos explorada, es la existencia de una actitud científica, definida como la existencia de una buena disposición a cambiar de opinión sobre la base de nuevas

evidencias, la búsqueda de la verdad sin prejuicios, el entendimiento de las relaciones de causa-efecto y la disposición de adquirir un hábito de emitir juicios a partir de hechos concretos.

Estos tipos de encuestas se utilizan, además, para la medición de indicadores de las actitudes de los miembros de la sociedad ante la financiación pública de la ciencia y la confianza en la comunidad científica, además de la percepción acerca de los riesgos y beneficios asociados a la ciencia y a la técnica. La *National Science Foundation*, de Estados Unidos, ha sentado una base metodológica, utilizada en la actualidad por los demás países. En relación con los resultados, también se observa una polarización en los estudios internacionales.

De los estudios realizados en EE.UU., combinando los dos primeros criterios, se destaca que el 11% de la población norteamericana se consideraba científicamente alfabetizada, en 1997. El nivel de educación formal, principalmente en matemáticas, se encontraba positivamente asociado con la alfabetización científica. Por otro lado también se detectaba que la edad y el género no influyen significativamente.

Por otro lado, los estudios sobre la percepción pública de la ciencia y de la tecnología se sitúan en un área de estudios empíricos, como las encuestas y el análisis de datos, mientras que la reflexión teórica acerca de su validez metodológica, y el análisis de los resultados e implicaciones para la formulación de políticas científico-tecnológicas han tenido un crecimiento menor (Polino & Vacarezza, 2003).

En la actualidad, surgen otras propuestas, y más que alfabetización científica, se propone hablar de nivel de científicidad de la cultura de una sociedad, es decir, en qué medida las instituciones científicas, sus contenidos, prácticas, procesos y discursos se encuentran reflejados en la sociedad. La concepción de la “cultura científica” como un atributo individual se revela insuficiente para comprender la circulación y uso social del conocimiento, así como la participación ciudadana. Una vez asumido que la ciencia y la tecnología son parte de la sociedad, es necesario un mayor nivel de integración de estos conceptos para convertir la denominada cultura científica en contenidos manifiestos en las prácticas generales y presentes en el sentido común. Los criterios para el desarrollo de este nivel de científicidad son por lo tanto el nivel de aplicación de prácticas científicas en actividades relevantes, el grado de información circulante a nivel público, el grado de desarrollo de la cultura ciencia-tecnología-sociedad y el grado de participación ciudadana en controversias (Polino & Vacarezza, 2003).

El concepto de alfabetización científica, propuesto por la *American Association for the Advancement of Science*, incluye las habilidades para familiarizarse con el mundo natural y reconocer su diversidad y su unidad; de entender los conceptos fundamentales y los principios científicos; de percibir la interrelación entre las matemáticas, la ciencia y la tecnología; de asumir que la estas son empresas humanas, lo que también implica limitaciones; de adquirir la capacidad de pensar

según lo que exige el rigor científico y de utilizar el conocimiento científico con propósitos individuales y sociales.

Para lograr estos objetivos, la ciencia debe abrirse al público, y a su vez, para que esto suceda, se requieren algunas condiciones básicas: la educación de por vida o *“lifelong learning”*, el aumento de oportunidades de participación en cuestiones científicas y tecnológicas, una educación apropiada en ciencias y el acceso conveniente e inteligible al mundo de la ciencia (Rutherford, 2003).

Una de las principales formas de alcanzar la alfabetización científica es a través de la educación de ciencias (*ver 4.1.*). Roquepló (1974) analiza la relación entre divulgación científica y enseñanza. Así, la primera relación es de **complementariedad**. Su principal justificación es la acelerada especialización del conocimiento frente a la lentitud de los programas escolares en relación con el ritmo de la ciencia y de incorporar sus contenidos. En este panorama la divulgación surge como un medio más flexible, permitiendo asegurar cultura general a la vez que acompaña el progreso de las ciencias. La segunda relación es la de **dependencia directa**, con el establecimiento de una brecha de conocimiento entre varios sectores de la sociedad. Pese al conocimiento mínimo asegurado por la enseñanza escolar, el aporte de la divulgación es accesible solamente a los que tienen conocimiento suficiente para alcanzar un beneficio. Por eso también existe el riesgo de que la divulgación científica se dirija a las elites, acentuando las desigualdades de la enseñanza oficial.

En la actualidad, las limitaciones de la educación de ciencias se pueden resumir en la incompreensión de la ciencia por la falta de un sentido humanístico, que ayudaría al conocimiento de la naturaleza de la ciencia, de las fortalezas y limitaciones de la investigación científica y de la percepción de la ciencia como una compleja actividad social, dotada de una dimensión humana, con dimensiones filosófica, sociológica y ética. También se encuentra ausente el tratamiento a partir de una perspectiva histórica, con el retrato de los episodios históricos con trascendencia para el patrimonio cultural, hitos del desarrollo del pensamiento en el mundo occidental. Por último, la enseñanza de las ciencias se caracteriza por un fallo a la hora de tratar ideas especializadas que trasciendan los límites disciplinarios, como por ejemplo son los conceptos de “constancia” y “cambio”, de “sistemas”, “modelos” y “escala”. Asociada a este acercamiento, se encuentra la concepción de las materias científicas dotadas de una reputación de dificultad y ausentes de relevancia personal o social en términos de la participación pública. Este “alto nivel” atribuido a la ciencia tiene un coste sustancial, pues implica la idea de que la ciencia “es para los otros”, es decir, para una minoría dotada de capacidades científicas y técnicas (Rutherford, 2003).

Para efectuar un cambio en este panorama educativo es necesario adoptar propuestas curriculares diferenciadas, que especifiquen los objetivos de aprendizaje claramente y que capaciten para la participación en el mundo de la ciencia, de por vida. Los contenidos de los

cursos deberían reflejar tanto los aspectos técnicos como las dimensiones humanísticas de la ciencia; estos contenidos deben acompañarse de materiales educativos que traten las ramificaciones de manera transversal y no sólo en capítulos superficiales o anexos que puedan ignorarse.

Por último, la evaluación del estudiante debe vincularse estrechamente con los objetivos del aprendizaje, para que el proceso de cambio sea efectivo. Además, a menos que los profesores se comprometan profundamente en promover la alfabetización científica a todos los estudiantes, estos objetivos no se van a tomar en serio. Es más, sin los conocimientos y habilidades necesarias para efectuar estos nuevos objetivos y estrategias, el profesorado no será capaz de operar eficazmente en los cursos y explorar los materiales. Su formación y capacitación debe tener la misma base pedagógica que los estudiantes, para una comprensión amplia de la ciencia como empresa social y humana, y ésta debe mantenerse a lo largo de la carrera profesional.

Por otro lado, en la actualidad también es común la utilización del término “cultura científica” como elemento objetivo de la comunicación pública de la ciencia. El término también se basa en una propuesta de consideración de la ciencia como parte de la cultura general⁵. La separación entre ciencia y cultura, como se ha visto, empieza con la profesionalización de la ciencia en el siglo XIX, pero alcanza su auge con el trabajo de Snow (1959), que identifica la existencia de dos culturas, una científica y otra humanista, dentro de la comunidad académica. La división de culturas caracterizaría, así, las mismas concepciones sobre construcción y diseminación del conocimiento.

Para Snow, la transferencia del paradigma de las dos culturas desde el contexto académico al no académico incide directamente sobre la cuestión de la alfabetización científica, ya que la especialización precoz en el sistema educativo crea la necesidad de “intérpretes” para mediar los mensajes especializados de la ciencia.

Pero a partir de los setenta surge una “tercera cultura”, integrada por los estudios sociales de la ciencia y la tecnología y por el reconocimiento de valores humanísticos en la ciencia. En la actualidad, esta multiculturalidad también proviene de la manifestación de los campos híbridos de investigación, que no se pueden categorizar según extremos bipolares, sino que constituyen campos heterogéneos de disciplinas y sub-disciplinas. Surge entonces una propuesta postmoderna, para la práctica de una comunicación científica “(multi)cultural”, que tiene en cuenta la diversidad cultural en las comunidades académicas y científicas (van Dijck, 2002).

⁵ Tomaremos como definición de cultura, entre las muchas posibles, el “conjunto de ideas, valores y creencias sobre el mundo y la sociedad, costumbres y pautas de comportamiento aceptadas, sobreentendidos implícitos, objetos usados con frecuencia o juicios morales, que caracterizan a una sociedad y definen su estar en el mundo. O sea, todo lo que se aprende y permanece luego sin transmitirse genéticamente” (Fernández-Rañada, 2002).

La influencia de la ciencia en la cultura se puede detectar a través de su influencia sobre el pensamiento cotidiano, de la utilización de los conocimientos científicos para la resolución de problemas prácticos y de la capacidad de la ciencia para mejorar la toma de decisiones personales. Aún así, la relación no está tan clara, debido a que tradicionalmente el sistema técnico-científico se ha considerado cerrado en si mismo respecto a la sociedad, al mismo tiempo que una alfabetización científica deficiente hace que la ciencia se perciba superficialmente en la vida cotidiana (Massanero, Vásquez Alonso & Acevedo, 2002).

Al examinar la relación de la ciencia con otras formas de conocimiento Fernández-Rañada (2002) llega a la conclusión de que la “ciencia se genera socialmente, de modo que es influida por la cultura e influye en ella a su vez, teniendo su acción más puntos en común con otras aproximaciones a la realidad, como las humanidades y el arte, de lo que se puede suponer” y a pesar de sus condicionamientos culturales el saber científico llega a “afirmaciones objetivas, o sea, supraculturales, válidas en cualquier entorno cultural o ideológico”. Surge entonces el concepto de cultura científica:

Pero ¿qué es realmente la cultura científica? La respuesta a esta pregunta no es sencilla; como no lo es la respuesta a la pregunta acerca de lo que es la cultura artística o literaria. Una persona culta –da igual que sea en artes, literatura o ciencias– no es el erudito, que lo sabe casi todo, ni el investigador, que indaga en la profundidad de determinados temas. Es más bien aquél que puede compartir con los demás unos determinados conocimientos básicos, históricos, conceptuales, generalistas...que le ayudan a comprender mejor y a estimar más el mundo que le rodea (Toharia, 2001).

Asimismo,

La expresión *cultura científica* tiene la ventaja de englobar todo eso [alfabetización científica, divulgación científica, comprensión pública...], y contener aún, en su campo de significados, la idea de que el proceso que envuelve el desarrollo científico es un proceso cultural, tanto en el caso de que se lo considere desde el punto de vista de su producción, de su difusión entre pares o en la dinámica social de la enseñanza y de la educación, o aún más desde el punto de vista de su divulgación en la sociedad, como un todo, para el establecimiento de las relaciones críticas necesarias entre el ciudadano y los valores culturales, de su tiempo y de su historia (Vogt, 2003).

En la cultura de la ciencia se perciben dos “alternativas semánticas”, la cultura generada por la ciencia y la cultura propia de la ciencia. En la cultura generada por la ciencia, caben también dos alternativas, la cultura por medio de la ciencia y la cultura en favor de la ciencia. Dentro de esta última, distinguimos a la cultura para la producción de la ciencia y aquella orientada hacia la socialización de la ciencia, en la cual se sitúa la “dinámica cultural de apropiación de la ciencia y la tecnología por la sociedad” (Vogt, 2003).

En conclusión,

Más allá del enfrentamiento, hoy parece fuera de toda duda no sólo la influencia de la cultura en la ciencia, sino también que la propia ciencia es una forma más de cultura, hecha por personas y para la humanidad, aunque quizás una cultura algo especial(...) Sin llegar a pensar ingenuamente que las barreras entre las dos culturas han desaparecido, hoy día se tiende más a reconocer, desde ambos lados, que la ciencia es parte inherente y medular de la cultura humana, por lo que resulta urgente seguir trabajando por la comunicación de la ciencia a la sociedad para incrementar su comprensión pública y mejorar la alfabetización científica de toda la ciudadanía (Massanero *et al.*, 2002).

2.3. La divulgación de la ciencia

2.3.1. Los distintos niveles de la comunicación científica

La comunicación científica, dentro de la sociología de la ciencia, se puede entender como un sistema de comunicación que utiliza distintas funciones y patrones de comunicación que afectan la transmisión de los mensajes científicos y que en gran parte dependen de las distintas situaciones sociales en que se encuentran los científicos (Sills, 1968). En ese sentido, hay que distinguir entre los principales géneros de la comunicación científica, la comunicación primaria y la comunicación secundaria.

La **comunicación primaria** es aquella realizada entre los propios científicos y tiene por objetivo establecer el intercambio de informaciones en un ámbito restringido. Se denomina usualmente **diseminación**. A su vez, la **comunicación secundaria** es realizada entre científicos y público no especialista, bien directamente, a través de la participación de los científicos en el proceso comunicativo, o bien a través de intermediarios a los cuales se suele denominar divulgadores científicos. Se preocupa de la popularización del conocimiento científico en la sociedad. La comunicación secundaria se denomina habitualmente **divulgación** (Epstein, 2003).

Tal terminología se adopta con vistas a simplificar los vocablos tradicionalmente utilizados para clasificar las distintas modalidades de la comunicación científica. Según la propuesta de Bueno (1984), además de diseminación y divulgación, el término **difusión** científica consiste en un hiperónimo que integra tanto la diseminación científica como la divulgación científica.

A esta clasificación también podríamos añadir la de Bucchi (1998) que postula una comunicación intraespecialista, el nivel más esotérico, con la presentación de datos empíricos y referencias a actividades de experimentación. La comunicación interespecialista, con la presentación de conceptos teóricos de forma concreta, materializada en forma de revistas que sirvan de “puente” o por los trabajos presentados en conferencias de una misma disciplina pero de

distintos tópicos⁶; la comunicación pedagógica, formada por un cuerpo teórico desarrollado y consolidado y de una perspectiva histórica y naturaleza cumulativa de la ciencia y por último la comunicación popular, exotérica, con la utilización de imágenes metafóricas en la prensa diaria y revistas especializadas.

Dentro de la comunicación primaria se identifica la revista científica como el principal medio por el cual los científicos comunican sus hallazgos. El acto de publicar va más allá, sin embargo, desde que los estudios sociológicos de la ciencia han identificado otros objetivos y significados (Kreimer, 1998). En primer lugar, la publicación identificaría al resto de la comunidad el estado actual de determinada investigación proporcionando crédito a sus autores. Uno de los significados más relevantes es el hecho de constituir parte fundamental de los procesos de evaluación de los científicos, dotándoles de reconocimiento dentro de su comunidad. El reconocimiento se puede entender como uno de los principales valores de la sociología de la ciencia, constituyendo la moneda de cambio a través de la cual investigadores individuales pueden alcanzar mejores posiciones dentro de jerarquía académica (Merton, 1960). Más importante todavía, en vista de la creciente reducción de la financiación de la ciencia en todo el mundo, es la visibilidad alcanzada a través de la publicación que puede garantizar la continuación del fomento de determinada investigación. La comprensión de los múltiples significados de la publicación científica es fundamental en el análisis de las diferencias entre la comunicación primaria y secundaria.

Dentro del nivel de comunicación científica primaria también se puede distinguir entre la comunicación de rutina, consensuada y descrita por un modelo de continuidad y un tipo de comunicación alternativa, “orientada a problemas” y centrada en los procesos de desviación. El primer caso consiste en un nivel más formal, dotado de rutinas y espacios explícitamente dedicados a la divulgación científica, mientras que los procesos de desviación suelen utilizar los medios generales de mayor alcance (Bucchi, 1998).

Por otro lado, la comunicación secundaria ocupa determinados espacios dentro de los medios de comunicación masiva, impresos o electrónicos, y también de otras formas de divulgación como pueden ser los museos de ciencia. Cabe destacar, que principalmente en los medios impresos “estos dos procesos comunicativos no ocurren en espacios distintos y estancos, sino que se interrelacionan formando un *continuum* a través del cual se distribuyen los soportes de los mensajes: los periódicos especializados, los mixtos para un público más cultivado y los de divulgación para el gran público” (Epstein, 2003). Este modelo continuo en la exposición de las ideas científicas se caracteriza por la existencia de diferencias, que ocurren debido a distintos

⁶ Según da Silva (2001), la difusión especializada proporciona una oportunidad de superación de la tendencia a la estagnación intelectual decurrente del aislamiento entre distintas disciplinas científicas.

contextos y estilos de comunicación / recepción, pese al hecho de que las barreras entre conocimiento genuino y discurso popular no se pueden definir claramente (Bucchi, 1998).

Además se puede observar una “trayectoria cognitiva” de las ideas a través de cada nivel de exposición de la información, desde la intraespecialista hasta la popular. Las barreras para esta trayectoria son la “cristalización”, que ocurre cuando una idea no es representada en determinado nivel, no tanto debido a su complejidad, sino a las características intrínsecas del medio. Por otro lado, la “desviación” sucede cuando una idea no pasa de forma secuencial por todos los niveles, pudiendo saltar una etapa, con el argumento de que los criterios de exposición de la categoría alternativa son más propicios para su crecimiento. Este proceso se puede utilizar con distintos objetivos, como la demanda de la intervención pública para la resolución de situaciones de conflicto (Clôitre & Shinn, 1985).

Al mismo tiempo se puede observar un itinerario social del conocimiento, paralelo a la trayectoria cognitiva, en el cual las ideas obtienen una solidez y simplificación crecientes, a cada nivel de la comunicación científica. Por otro lado, a medida que avanzan en dirección a la comprensión generalizada, disminuye la percepción de su valor epistemológico (Barceló, 1998). Pese a la existencia de este flujo ideal de comunicación, conviene señalar la existencia de casos de desviación, en los cuales el discurso público de la ciencia no es lo que se ha filtrado a través de los niveles anteriores, sino lo que puede estar en el núcleo de la dinámica de la producción científica. Los casos de desviación suelen estar asociados a la comunicación “orientada a problemas” y a situaciones de controversia científica (Bucchi, 1998).

La diferenciación entre esos dos géneros de comunicación y los problemas relativos al hecho de que ambos utilizan discursos y lenguajes con características propias es uno de los temas principales de los estudios de la comunicación pública de la ciencia y es tratado por diversos autores.

Desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia, la comunicación primaria y la secundaria ocupan puestos muy distintos en los contextos que la ciencia posee como actividad. Echeverría (1995) distingue cuatro contextos distintos de la ciencia. El primero sería el **contexto de la educación**, o de enseñanza y la difusión de la ciencia, que implica dos acciones recíprocas básicas: la enseñanza y el aprendizaje de sistemas conceptuales y lingüísticos, así como de representaciones e imágenes científicas, notaciones, técnicas operatorias, problemas y manejo de instrumentos. El contexto de la educación se caracteriza por una mediación social que delimita los conocimientos y habilidades del futuro científico y que va a evaluar su competencia para ingresar en la comunidad científica.

El segundo ámbito es el **contexto de la innovación** (o de descubrimiento), o sea, los procesos y actividades a través de las cuales los científicos crean nuevas teorías y realizan descubrimientos. El tercero, el **contexto de la valoración** (o justificación) se refiere a los

procedimientos a través de los cuales los resultados obtenidos en el contexto de la innovación se justifican, se aceptan y se transmiten a través de la comunidad científica.

Por último, el **contexto de aplicación** en el cual los resultados obtenidos por la ciencia se emplean para modificar, transformar y mejorar la sociedad. Hay que resaltar que la comunicación secundaria se puede insertar dentro del contexto de la educación, una vez que las teorías y descubrimientos se transmiten, aunque que de una manera simplificada, para construir una imagen social de la investigación científica y del progreso científico. Así, a través del estudio de los distintos contextos, se pueden comprender mejor las diferencias subyacentes a los dos géneros de comunicación científica, sea en sus objetivos, o en el contexto sociológico en el cual operan.

Una línea de estudio específica desarrollada por Epstein (1998) propone una matriz de comunicación en la cual se identifican varias instancias de oposición entre las dos clases de comunicación científica, asumido que “la comunicación primaria y secundaria son procesos que configuran un campo de estudios, teorías y prácticas donde se desdoblán, bajo la circunscripción de las ciencias de la comunicación, dimensiones lingüísticas y semánticas, culturales (antropológicas), sociológicas, epistemológicas, deontológicas y de comunicación de masas”. El objetivo de la matriz sería proporcionar “recursos didácticos para estudiar y comprender los fenómenos, obstáculos e impedimentos relacionados con esos procesos comunicativos”.

En relación con el lenguaje utilizado, la comunicación primaria estaría constituida por un lenguaje monosémico, referencial y muy especializado en la medida en la que se relaciona con ramas muy específicas de la ciencia. Tal lenguaje debe ser así, pues el mensaje se destina a la confirmación y a la corrección de los resultados científicos para ser evaluados por la comunidad científica y por lo tanto, no admite ambigüedades. La comunicación secundaria se caracteriza por un lenguaje polisémico, permitiendo el uso de otras funciones de lenguaje y figuras de retórica. El uso de recursos lingüísticos, retóricos o pictóricos en la divulgación científica está justificado por el hecho de que la audiencia no posee un contrato social con el mensaje, que es lo contrario a lo que ocurre en la comunicación primaria, y en consecuencia debe ser adquirida de una manera distinta. Ese lenguaje es accesible a los legos y está relacionada con la dificultad asociada a la carrera y al trabajo científico. Así, para una gran mayoría, los resultados científicos siguen una “curiosa especie de magia incomprendida sin embargo asegurada por el saber de esos seres de imagen tan respetable a quienes damos el nombre de científicos” (Barceló, 1998).

En relación con los valores y juicios inherentes a la comunicación primaria, ésta debería presentar un discurso referencial e incontestable, por haber sido plenamente aprobado, enunciando verdades evidentes a cualquier sujeto racional. En este sentido, de acuerdo con los postulados del movimiento empirista lógico, el discurso científico no estaría contaminado por una retórica persuasiva. No obstante, estudios posteriores de la sociología y filosofía de la ciencia

reconocieron la retórica como un importante factor dentro del discurso científico, principalmente en las situaciones de controversia y de cambio de paradigmas.

2.3.2. Conceptualización, formatos y objetivos de la divulgación científica

Manuel Calvo Hernando, define al campo de la comunicación secundaria, o Comunicación Científica Pública (CCP), para utilizar otra terminología frecuentemente utilizada en la literatura, como:

Un conjunto de actividades de comunicación que tienen contenidos científicos divulgadores y destinados al público no especialista, sin limitarse a los medios informativos. La CCP utiliza técnicas de la publicidad, del espectáculo, las relaciones públicas, la divulgación tradicional, el periodismo, la enseñanza y otras (Calvo Hernando, 1997).

Asimismo, dentro de este campo se distingue la actividad más formalizada representada por la divulgación científica como:

(...) toda actividad de explicación y difusión de los conocimientos, de la cultura y del pensamiento científico y técnico, con dos condiciones, dos reservas: la primera, que la explicación y la divulgación se hagan fuera del marco de enseñanza oficial o equivalente, la segunda que esas explicaciones extra-escolares no tengan como objetivo formar a especialistas o perfeccionarlos en su propio campo, pues lo que se pretende, al contrario, es complementar la cultura de los especialistas fuera de su especialidad (Calvo Hernando, 1992).

Otra definición más es la proporcionada por Bueno (1984), quien la define como un:

Proceso social que se articula a partir de una relación entre organizaciones formales (editoras, emisoras) y la colectividad (públicos, receptores), a través de canales de difusión (diario, revista, radio, televisión, cine) que aseguran la transmisión de informaciones (actuales) de naturaleza científica y tecnológica, en función de intereses y expectativas (universos culturales o ideológicos).

Uno de los principales medios a través del cual se realiza la divulgación científica es lo que se denomina periodismo científico, entendido como forma de divulgación científica a adoptarse por los medios de comunicación de masas. El periodismo científico nace de una especialización informativa que pretende divulgar la ciencia y la tecnología dirigiéndose al público general, ofreciendo un servicio a la sociedad muy similar al desempeñado por las instancias educativas (*ver* 2.3.5).

Una preocupación es la concepción del público como un cuerpo heterogéneo, no con una única identidad, sino con varias, que se solapan, y que pueden ser sociales, raciales, sexuales, religiosas, intelectuales y políticas (van Dijck, 2002).

Por otro lado, la consideración de la comunicación como un proceso entre sujetos sociales implica una relación de poder, en el cual la comprensión está condicionada por el grado de participación de los sujetos en la estructura social. De esta forma, la comunicación se puede entender como práctica social y la divulgación científica como práctica sociocultural, con la existencia de una articulación entre los sistemas –las estructuras y las formas de organización de la sociedad– las mediaciones que se producen en la interfaz entre actores y el sistema y una realidad social como proceso complejo de construcción biológica, social, económica y cultural. Así, una definición de comunicación pública de la ciencia que tenga en cuenta estas complejidades propone un:

Conjunto de instituciones, estructuras mediadoras y prácticas sociales a través de las cuales se produce, circula y reproduce socialmente el sentido (conocimiento y disposición para la acción) con respecto al patrimonio científico de la sociedad (Orozco, 2002)

Cabe destacar que los términos “divulgación” y “*vulgarization*” (el vocablo utilizado en francés) contienen ambos el vocablo “vulgo” que significa pueblo, plebe, simbolizando lo popular, lo común y asociando la idea de desprestigio en relación con lo puramente científico (Coracini, 1992). A su vez, Hoyos (2001b) propone el término “apropiación social de la ciencia y de la tecnología”, dada la connotación pasiva de los términos “divulgación” o “popularización”, que implican unidireccionalidad, mientras que la apropiación denota la creación del conocimiento en acción conjunta.

Según algunos teóricos del análisis del discurso, la divulgación sería una re-enunciación del discurso de origen, adoptando metalenguajes y terminologías de éste, y por lo tanto, sería una actividad metalingüística. Sería transformar en lenguaje público un lenguaje cifrado o especializado, un tránsito de un código a otro⁷ (Kreinz, 2000).

Siguiendo la línea del argumento de la divulgación como traducción de un código, Trench (1998) observa que los tipos de traducción propuestos por Jakobson (1992) equivalen a las distintas formas de la comunicación científica. Así, la traducción intralingüística (o paráfrasis) equivale a la comunicación realizada dentro de una misma disciplina científica; la traducción interlingüística equivale a la comunicación entre disciplinas científicas y la traducción intersemiótica (o transmutación) equivale a la comunicación entre ciencia y no ciencia. Sin embargo, la traducción presenta otro peligro, que es hacer innecesario que se aprenda el lenguaje de los otros, además del riesgo de actuar como negociador de facto, de forma que el divulgador

⁷ La importancia de la palabra en la divulgación se resume en la siguiente frase “La imagen del mundo que se deriva y que es transmitida es, entonces, el producto del lenguaje como constructor del espíritu y guardián de la percepción” (Pratico, 1998).

asuma un papel político buscando suavizar la imagen de la ciencia durante el proceso de negociación (Barceló, 1998).

La divulgación científica no es una suma de discursos, es decir, la suma de ciencia y periodismo, sino una articulación específica con efectos particulares. Más que traducción, es interpretación.

En todos los casos, se produce un efecto de “exterioridad” en el cual la ciencia se sale de su propio medio para ocupar un “sitio social e histórico en lo cotidiano de los sujetos”, que debe presentarse como necesidad en la sociedad y según cómo la ciencia se presente habrá una mejor o peor relación entre la sociedad y el Estado y promover o no la participación social en la producción del saber necesario para la vida social (Orlandi, 2001).

Dentro de este contexto, Jacobi (2000) define algunos cambios operativos en el tránsito del lenguaje especializado hacia un lenguaje más cercano al cotidiano. El primero, la **selección** que consiste en la extracción de parte de la información, con la omisión de algunos temas, como por ejemplo la sección de “materiales y método”, los elementos demasiado técnicos, o las tablas de resultados. Por otro lado, algunas cuestiones poco desarrolladas en el discurso científico –sea por su trivialidad o porque se dan por supuesto– o completamente ausentes se tratarán con gran extensión en el discurso de divulgación, como por ejemplo, la utilidad social de la investigación en cuestión. El resultado, paradójico, de la selección es que el texto divulgativo suele ser más largo que el texto especializado. La segunda operación es la **transformación**, a través de la cual la prudencia y el escepticismo inherentes a la naturaleza provisional y refutable de la investigación, se transforman en afirmación y generalización, bajo la justificación del cambio de contexto de la comunicación.

A su vez, la **modificación** implica la adición de una dimensión humana al mensaje. La **reestructuración** transforma la estructura inductiva, del hecho a la interpretación, que caracteriza el modelo de experimentación hacia una estructura de narración, por ejemplo la historia de misterio en la cual el científico triunfa sobre determinados enigmas. La **reformulación** se aplica sobre todo a la transformación de la terminología, necesaria para que el texto desempeñe un papel para una audiencia más amplia y supone la definición previa de un directorio del lenguaje normal que actúa como referencia. En este directorio, los términos especializados se definen como aquellos que no figuran y que necesitan explicación. En la práctica, la reformulación se basa en la intuición y en la estimación al determinar cuáles son los términos especializados. Esto es debido a la ausencia de mecanismos completos que aseguren representatividad en todos los momentos. Sin embargo, se trataría de una “tarea teóricamente imposible” o una “misión utópica”, debido a la contradicción de definir conceptos y nociones especializados a partir de un léxico no especializado y limitado.

Pese a los problemas que supone la concepción de la divulgación como traducción, un elemento fundamental es la claridad del texto, que puede conseguirse a través de algunas claves textuales, pero dotado de una visión:

El buen periodismo científico será aquel que, sirviendo de intermediario entre las fuentes y el público, se mueva por la actualidad científica con el dominio de materias y lenguajes suficiente para encontrar las claves que den sentido y ayuden a entender el alcance y la repercusión de los avances comunicados por las fuentes; de tal modo que la labor de intermediación sea un complemento instrumental de una labor más amplia y superadora: la legítima labor de elaboración, con lo que ésta tiene de interpretación del mundo en el que vivimos y de creación (de Hoyo, 2002).

Por último, las transformaciones aplicadas en el pasaje de lo esotérico a lo exotérico alteran los conceptos e imágenes utilizadas por los propios científicos. Destaca el hecho de que en algunos casos, los científicos utilizan los medios de comunicación como fuentes de información y para intercambiar resultados experimentales y comentarios. Esta comunicación aparentemente “pública”, tiene el objetivo de alcanzar el mayor número de pares de forma rápida sin las limitaciones de tiempo de la comunicación especializada, además de asegurar prioridad al descubrimiento (Bucchi, 1998).

Además, la relación entre la ciencia y la divulgación no siempre es armoniosa. Por parte de la ciencia, las quejas se refieren a informaciones erróneas o distorsionadas, a la descontextualización de las noticias, a la abundancia de exageraciones y simplificaciones, y en general, a la falta de precisión, sobre todo en las citas. Por otro lado, los periodistas “pierden distancia crítica cuando ofrecen una imagen idealizada, paradójicamente casi mística y sacra de la ciencia, reforzando así los prejuicios o los malos entendidos sobre la investigación científica” (Polino, 2001). Según este mismo autor, “la única manera de reducir los riesgos de la profesión periodística frente a la ciencia vendrá dada en función de lo que un periodista sepa de la ciencia, sus criterios de procedimientos, justificación, validación y evaluación, su historia, su filosofía, sociología y política”.

En relación con sus funciones y objetivos, la divulgación científica debería informar acerca de los riesgos del cambio tecnológico, creando una conciencia pública acerca del valor de la ciencia al servicio del desarrollo, formar un clima popular sobre el permanente estado de cambio de la civilización tecnológica y educar para el ocio, según la perspectiva de la sociología del tiempo libre (Calvo Hernando, 1997). En su conjunto, el hecho de implantar una atmósfera de estímulo a la curiosidad por la ciencia y su método, contribuye a despertar la imaginación, a cultivar el espíritu de la investigación, a desarrollar capacidades de observación, claridad de pensamiento y creatividad, a descubrir vocaciones científicas, a propiciar una relación más humana con el científico y a erradicar mitos.

Otras funciones pueden ser la creación de una conciencia científica colectiva, frente al riesgos de la subordinación de la ciencia al poder o viceversa, reforzando la sociedad democrática y la participación ciudadana; la cohesión entre grupos sociales o de integración social, permitiendo que distintos grupos participen en las aspiraciones y tareas de una sociedad que dispone del poder científico-tecnológico; el factor de desarrollo cultural, en el cual el progreso científico se construye “como parte fundamental de su cultura en una sociedad presidida por el ideal científico”; el incremento de la calidad de vida, poniendo a disposición de muchos el mejor aprovechamiento y utilización de los progresos de la ciencia y de la tecnología; la comunicación de los riesgos a que nos encontramos expuestos y que puede tener una naturaleza persuasiva o informativa; la complementación de la enseñanza, con el objetivo de “llenar vacíos en la enseñanza moderna” y en el desarrollo de actitudes ante la ciencia (Calvo Hernando, 2000).

Objetivos semejantes, expresados de otra forma son “ejercer la función de crítica y apreciación de la literatura técnico-científica y de la repercusión de trabajos internacionales en los círculos extranjeros, siempre con la idea de que la vigilancia de tales informaciones y repercusiones, para evitar la acción poco honesta de ciertos agentes de propaganda” y “desarrollar una especie de literatura técnica dedicada a la juventud, a través de historias ilustradas de valor educativo y capaces de despertar vocaciones u orientar los jóvenes con predisposición a la labor científica” (Reis & Gonçalves, 2000).

Otra visión de la divulgación es la de “perro guardián”, es decir, la de realizar una vigilancia sobre el desarrollo de la ciencia y de la técnica y que surge como consecuencia de la necesidad de confianza en la esfera pública. En este sentido, se puede postular que es la falta de confianza que lleva al miedo y a las actitudes anticientíficas, más que la falta de conocimiento propiamente dicha (Gregory & Miller, 1998).

Bueno (1984) destaca el papel de la divulgación científica para la revalorización de la ciencia entendida como un bien nacional, y por lo tanto, de la cultura nacional.

Las distintas funciones de la divulgación científica, a su vez, establecen una clasificación de los tipos de divulgación científica posibles. Se puede hablar de divulgación didáctica, con el objetivo primordial de enseñar; de divulgación vocacional, con el objetivo de reclutamiento hacia carreras científicas; de divulgación recreativa, con el objetivo de divertir, entretener y despertar el gusto por la ciencia; de la divulgación democrática o social, con vistas a democratizar el conocimiento científico y utilizar la responsabilidad de los ciudadanos en decisiones que afecten a la sociedad; de la divulgación periodística, con el enfoque centrado en las noticias y en el concepto de novedad y cuyo objetivo social es el de informar; de la divulgación escéptica, con el objetivo de combatir creencias pseudocientíficas y supersticiones y fomentando el hábito del pensamiento crítico.

Al mismo tiempo que estos tipos se solapan, dado que no habría un tipo absolutamente “puro” de divulgación en función de sus objetivos, también se propone una difusión cultural de la ciencia, caracterizada por “poner al alcance del público una parte de la cultura con la que normalmente no tiene contacto por iniciativa propia, pero que creemos que vale la pena compartir” (Bonfil Olivera, 2002), sin atender a objetivos específicos o pragmáticos. Se hablaría entonces del objetivo de *divulgar por divulgar*, debido al hecho de que la ciencia es parte de la cultura igual que todos otros productos de la cultura humana y como tal merece consideración. Este tipo de divulgación no es concebido como algo utilitario u obligatorio, sino como algo “interesante, hermoso, enriquecedor” y aunque engloba a las demás modalidades a través de una cultura científica general –entendida como la capacidad de comprender las líneas fundamentales de argumentación de las disciplinas científicas, compartir la forma de pensar del científico, comprender el contexto social y cultural– también sufre de la dificultad de conseguir apoyos debido a la ausencia de objetivos pragmáticos.

A parte de sus funciones, la divulgación científica se puede realizar a través de distintos medios y formatos, que en su conjunto es bastante amplio y que se aprecia en el siguiente cuadro:

a) Medios impresos

Libros: didácticos, paradidácticos, de divulgación, de ficción

Revistas: científica, de divulgación, artículos

Periódicos: diarios, noticias, columnas, suplementos,

b) Reuniones, conferencias, cursos

Congresos científicos específicos

Congresos científicos generales

Seminarios y coloquios en universidades e instituciones

Cursos de actualización, perfeccionamiento

Cursos de difusión

Conferencias generales

c) Medios electrónicos

Televisión: abierta o por suscripción

Vídeo

Radio

Internet y software

d) Medios artísticas

Cine y fotografía didácticos

Teatro

Artes plásticas

Música

Literatura

Juguetes y juegos

Cuadro 2.1. – Adaptación de Hamburger (2000).

Nos resta, finalmente, analizar el sentido político de la divulgación científica y de su situación dentro de un contexto más amplio. El problema de la divulgación científica, o en otras palabras, del *reparto del saber*, gira alrededor de una contradicción fundamental. Por un lado, en la sociedad, las estructuras de poder y sus jerarquías asociadas se justifican en función de ciertas competencias; para mantener estas jerarquías las competencias deben ser transmitidas, pero a la vez tienen que oponerse a la transferencia del saber, que podría generar críticas a estas mismas competencias. Se produce así una adquisición controlada de competencias, a través de la ilusión de un reparto democrático, motivo por el cual la divulgación científica asume también una significación socio-política. La superación de esta contradicción supone modificar la “significación social de la competencia, así como las condiciones de su producción, apropiación y reproducción” (Roquepló, 1974).

2.3.3. Justificación de la alfabetización científica

La concepción de la divulgación científica, por lo tanto, se organiza alrededor de dos temas principales, el primero es la alienación, la falta de formación científica que imposibilita al individuo comprender su entorno y apropiarse de él, constituyendo una ruptura del proceso de socialización y de su propia percepción de identidad. Por otro lado, implica la ruptura cultural, entre “sabios y profanos”, y entre especialistas de distintas disciplinas, teniendo como objetivo la unidad cultural de la sociedad. En ambos los casos, se precisa un papel de mediación para la reconciliación y reapropiación a través de un “mediador indispensable”

Paradójicamente, también se produce un “efecto de vitrina”: la divulgación enseña a la sociedad la ciencia, sus actores y sus productos, pero al mismo tiempo realza esta diferencia:

Lo esencial de dicha conclusión estratégica me parece que consiste en lo siguiente: *si de verdad* se quiere que la proximidad ya real de las ciencias, en el seno de nuestro ambiente concreto, sea en efecto asumida como una apropiación real de este ambiente, no se puede apostar a la divulgación científica, cualquiera que sea, por lo demás, su eficacia cultural. Es preciso utilizar itinerarios de apropiación del saber que cortocircuiten el desvío impuesto por los medios masivos de comunicación; es decir: el conjunto de las relaciones concretas de cada uno con su propio ambiente, relaciones que deben ser elucidadas *in situ*, por medio de un proceso de comunicación, no ya espectacular sino bilateral y práctico (Roquepló, 1974).

Volviendo a la cuestión sociopolítica, los títulos de competencia constituyen un principio de jerarquización social pues las competencias individualmente adquiridas confieren determinados derechos al ciudadano. Este hecho se refleja en la retención del saber, de su protección dentro de su ubicación en la jerarquía social, originando un problema de carácter político debido a la relación saber-poder. Del rol social de las competencias, de las condiciones

políticas e ideológicas para que el reparto sea posible, se requiere el estudio de los aspectos epistemológicos y pedagógicos de este reparto.

Entre las razones para que esta brecha del conocimiento se siga profundizando se encuentran las diferencias en la aptitud al recibir información, con distintas capacidades de lectura y comprensión; del volumen de información memorizada ya existente, que proporciona mejor preparación para la comprensión y aumenta los niveles de percepción y atención; de relaciones sociales adecuadas, pues se encuentra un mayor nivel de receptividad en los individuos más activos e integrados en la sociedad. Por último, una mejor preparación cultural también implica una selectividad de la exposición a los medios masivos de comunicación y de una mayor facilidad de interpretación y memorización en función de convicciones y valores existentes (Roquepló, 1974). Por eso el objetivo político de la divulgación es alcanzar a aquellas personas que no poseen de forma espontánea ni el deseo, ni las posibilidades de acercarse al conocimiento científico. Este nuevo acercamiento se propone ya no a partir de contenidos científicos preexistentes, sino a partir de cuestiones existentes en el día a día de las personas, en otras palabras, un acercamiento “invisible”⁸, y tiene como objetivo evitar la resistencia espontánea, asociada al miedo de parecer ignorante que se observa en relación con los contenidos científicos (Fayard, 1997).

Como destaca Fayard (1997), la necesidad de comunicar ciencia al público no implica necesariamente eficiencia. Así la divulgación científica puede tener efectos adversos y resaltar la diferencia entre el mundo especializado de la ciencia y el de la sociedad en general, demandando métodos, medios y recursos, en otras palabras, requiriendo una estrategia de comunicación. Las estrategias disponibles han evolucionado históricamente, según distintas concepciones y objetivos, que revisamos a continuación.

2.3.4. Antecedentes y evolución

La historia de la divulgación es prácticamente tan antigua como la historia de la ciencia. Reis y Gonçalves (2000) citan varios ejemplos de la divulgación científica a través de la historia, datados en las civilizaciones egipcia, griega y romana. Sin embargo, el concepto de divulgación gana fuerza a partir del momento en que la ciencia empieza a institucionalizarse como actividad. Vladimir de Semir (2002) menciona *Le Journal des Savants* (1665) posiblemente como la primera publicación destinada a la transmisión del conocimiento científico al gran público. Por otro lado, este mismo periódico se considera la primera revista científica, lo que evidencia que en estos momentos todavía no se había producido la división cultural y la profesionalización de la

⁸ La misma estrategia se propone para los museos de temática no científica, como método de introducir la ciencia y la tecnología al público (ver 3.6.)

ciencia. En el siglo XIX se produce la edad de oro de la divulgación: “coincide un deseo de mostrar y un deseo de saber” (de Semir, 2002).

La autonomía de la ciencia en relación con el resto de la sociedad, a través de la diferenciación y especialización de sus actividades, supuso también la creación de un “*knowledge gap*”, o brecha de conocimiento, con el desplazamiento del conocimiento científico de la cultura popular y la necesidad de creación de canales y formas específicas para la popularización de la ciencia, de una “doble narración” de la aventura científica (Bucchi, 1998).

De la distinción entre comunidad científica y público surge un contrato social implícito que rige la interacción entre los dos. Por un lado, se garantiza la autonomía de la comunidad científica para la selección de los objetivos y el desarrollo de sus actividades de investigación, además de los recursos financieros necesarios, siempre y cuando estas actividades contribuyan a la producción de bienes materiales y servicios. Esta conexión entre el conocimiento abstracto y la satisfacción de necesidades prácticas resulta indirecta y lenta, pero este vínculo se ha aceptado tácitamente por la sociedad. Entretanto, en el siglo XX, ocurre un cambio de ese contrato, en dos dimensiones: en primer lugar, una total dependencia del crecimiento económico en relación con la ciencia y la tecnología y en segundo, una sensibilidad más grande del público en relación con los riesgos colaterales de la aplicación tecnológica (Pardo & Calvo, 2002).

Particularmente en los medios de comunicación, se pueden verificar tendencias cíclicas de exaltación de la ciencia y sus descubrimientos y promesas por un lado y de una reflexión más crítica acerca de las consecuencias e impactos del progreso científico-tecnológico, con visiones más negativas. El tratamiento resultante es que “los avances de ayer se tornan las en las pesadillas de hoy” (Nelkin, 1995).

Para Durant (1992), la comprensión pública de la ciencia implica distintas dimensiones. La primera, una concepción de la comprensión como conocimiento factual de la ciencia; conocimiento de hechos que no implican una comprensión de su importancia, de sus implicaciones o de su lugar dentro de un panorama más general. Este tipo de acercamiento es de poca ayuda para aquellas personas que intentan comprender la ciencia contemporánea, donde los hechos se encuentran bajo disputa. La segunda dimensión propone la comprensión como un conocimiento del funcionamiento de la ciencia, basado en el mito del método científico y del esquema “hipótesis-prueba-verificación-falsación”. Por último, también se concibe la comprensión como el conocimiento de cómo *realmente* funciona la ciencia, asumiendo la ciencia como institución y sistema social y distinguiendo entre el conocimiento fiable y el conocimiento bajo experimentación y validación.

Por otro lado, diferentes concepciones de público llevan diferentes estrategias para la comprensión pública de la ciencia, así como diferentes concepciones de “comprensión” llevan a diferentes estrategias de evaluación de la eficacia de estas estrategias. En este sentido, la dificultad

de definición, debido a la existencia de públicos poco específicos, de la escasez de datos sobre recursos cognitivos o intelectuales de la audiencia llevan a la adopción de estrategias basadas en un “mínimo denominador común”.

La evidencia empírica sugiere que las personas se encuentran preparadas para aceptar el conocimiento que necesitan en determinadas circunstancias, pero poco más. El “conocimiento lego”, por lo tanto, se basa en los aspectos específicos y concretos más que en los generales o abstractos y la comunicación factual posee un efecto efímero sobre el público. Una estrategia posible para la divulgación, en conclusión, es la adopción de un abordaje contextual, enfocado a los intereses específicos y a las preocupaciones del público.

La existencia de estas “teorías legas”, generalmente relacionadas con fenómenos familiares como el peso, la luz o las enfermedades, son tácitas y no exteriorizadas pero guían el pensamiento y la acción, coexistiendo con las teorías ortodoxas. El origen de las concepciones alternativas y de su fuerte resistencia al cambio conceptual está vinculado al intento de controlar el entorno y proporcionar significado a actividades cotidianas. En este sentido, la interacción directa y sensorial con el mundo lleva a la construcción de concepciones intuitivas caracterizadas por errores que pueden devenir de uso de reglas de inferencia de causa-efecto, de la reducción de la complejidad del mundo sensorial a unos pocos elementos, del “funcionamiento del sistema cognitivo como un sistema de recursos limitados y que restringe los procesos de búsqueda en situaciones y entornos de incertidumbre” (Rowan, 1999). Por otro lado, también pueden tener origen en el entorno socio-cultural, a través de la esquematización, es decir, de la reducción del conocimiento científico a esquemas simplificados, de la incorporación, interiorización y reconstrucción de los hechos científicos y de las representaciones deformadas o simplificadas de conceptos. En suma, el cambio conceptual en cuanto a las concepciones alternativas es algo complejo de lograr, pero los programas de divulgación científica que transmitan actitudes, procedimientos y valores científicos y no exclusivamente datos, pueden ayudar (González Bedia, 2002).

Pese a este hecho, el modelo adoptado tradicionalmente para la divulgación fue un modelo lineal de comunicación, también denominado “modelo de déficit lineal”, basado en un esquema tradicional “emisor-transmisor-receptor”, tratando de transmitir la mayor cantidad de información posible, en su mayoría hechos, con la mayor fidelidad y estableciendo una jerarquía en los niveles de audiencia, desde el académico hasta el “ciudadano de a pie”. Este tipo de acercamiento consiste en una comunicación “de arriba abajo”, con objetivos de persuasión. Además, se caracteriza por la ausencia de cambios de contexto y significado, con el pasaje directo desde el contexto del origen de la información al contexto público, sin la interpretación y los ajustes necesarios (Miller, 2000b). Otra característica del modelo lineal es la concepción *näive* del

público, considerado como mero receptor de información, y sin tener en cuenta sus conocimientos previos, actitudes y demandas que.

Este “relato canónico”, como lo denomina (Bucchi, 1998), postula que el hecho de que el discurso científico se haya vuelto demasiado especializado y complicado para la comprensión por parte del público implica la necesidad de mediación, de un especialista que sirva de nexo de unión. Esta “tercera persona” debería comprender a los científicos y comunicar sus ideas a la audiencia no especializada. Lo más importante es que esta visión implica algunas presunciones acerca de la naturaleza del discurso científico y de labor científica. Así, la producción de conocimiento científico puro, y de su transmisión de forma simplificada a los no especialistas supone una visión idealizada de la actividad científica y un acercamiento normativo, o prescriptivo, del proceso de comunicación de la ciencia para el público.

El informe *Science and Society* presentado al Parlamento Británico en el año 2000 aboga por un nuevo acercamiento, proponiendo la promoción de un nuevo tipo de diálogo, realizando la crítica al modelo lineal de transmisión, visto como estrategia “desactualizada y potencialmente desastrosa” y reconociendo el fracaso de la política de incentivos que no promovió una divulgación efectiva de la ciencia. Se requiere, por lo tanto, una mejoría del diálogo entre ambas partes, a través de una política abierta de información al público y del debate sobre los riesgos e incertidumbres de las aplicaciones tecnológicas⁹. En este panorama también se necesita un nuevo tipo de institución capaz de proporcionar al público y a los políticos informaciones respecto a las cuestiones científicas, de promover debates y anticiparse a las cuestiones del público, de monitorizar la opinión del público acerca de cuestiones sobre ciencia, en suma, de orientar el diálogo con la sociedad (House of Lords, 2000).

El acercamiento contextual también implica la generación del conocimiento científico como un diálogo, en el cual los miembros del público poseen información, conocimiento y comprensión sobre temas locales e interés personal en la resolución de las cuestiones para resolver. En este panorama, el mediador de la información científica debe saber mucho más acerca de su audiencia, en cuanto a su naturaleza y su conocimiento previo, de qué mensajes se demandan y de cómo se siente respecto a las implicaciones e impactos. Además, lo que reside en el trasfondo de la ciencia debe hacerse más visible, como por ejemplo las limitaciones y el potencial de los reclamos científicos. De la misma manera, la controversia e la incertidumbre se deben incluir en el diálogo generando oportunidades de discusión, y caracterizando una nueva era para la comunicación científica.

En este nuevo modelo, uno de los tipos de información científica que más demanda la sociedad se encuentra vinculado a situaciones de “*science on the making*” o “ciencia en realización”, en otras palabras, situaciones en las cuales el proceso de producción de

⁹ Este acercamiento también se podría denominar los “3D”’s, diálogo, discusión y debate (Pardo & Calvo, 2002).

conocimiento se encuentra todavía en “socialización” en la comunidad científica. Es justamente este tipo de ciencias que se suele retratar con más frecuencia en los medios de comunicación. Por otro lado, esta nueva propuesta no implica en el fin del modelo de déficit, pues necesariamente debe haber una brecha de conocimiento entre la ciencia y la sociedad, si el público no se encuentra en situación de igualdad con la comunidad científica en cuanto a su saber científico (Miller, 2000b).

Desde el punto de vista teórico, estos dos acercamientos se podrían clasificar en comprensión pública y participación pública en la ciencia y tecnología. Los dos acercamientos más que competidores entre sí, son complementarios. Por el lado de la comprensión pública, la información es un elemento necesario pero no suficiente dentro de los procedimientos de participación. A su vez, los instrumentos de participación, aunque prometedores, requieren investigación futura, con la integración de varias perspectivas teóricas y resultados empíricos, provenientes de la sociología, psicología y ciencias política y económica (Dahinden, 2001).

A los modelos de déficit y de diálogo se suma el modelo de deferencia, todavía poco explorado en la literatura crítica y que se caracterizaría por un modelo en el cual los científicos reconocen o “defieren” el valor de las visiones de otras disciplinas y actividades culturales sobre su propia actividad. (Trench & Junker, 2002)

En cuanto a los problemas históricos de la divulgación científica y de la propuesta de un nuevo modelo de comunicación en sustitución al modelo de déficit, Gregory y Miller (1998) proponen un protocolo para la comunicación pública de la ciencia que satisfaga las necesidades y las demandas de todos los actores involucrados en este proceso: científicos mediadores y el público. Este protocolo postula algunos principios como empezar por el reconocimiento de la importancia de la popularización como elemento constituyente de la ciencia, pese a su carácter cognitivo de menor valor, debido a la simplificación que supone.

Además, la divulgación debe ser clara sobre sus motivaciones, delegando poder a sus receptores, perfeccionando los procesos democráticos o previniendo la alienación de sectores de la sociedad, pero también sirviendo a los intereses de la comunidad científica, de sus patrocinadores o de la industria. Esta declaración de la motivación es esencial para la construcción de confianza con el público y se relaciona con el principio de respeto por la audiencia, en el sentido de que la comunicación científica se debe realizar de una manera que pueda ser interiorizada por la audiencia pretendida. Independientemente de cuan directa sea la transmisión de contenido, el recipiente es una entidad compleja, con trasfondo, creencias, y sensibilidades que influyen en sus reacciones frente al conocimiento científico. Además, el establecimiento de una base para la confianza se puede lograr a través de la negociación de la comprensión mutua, más que por declaraciones autoritarias de hechos.

Esto supone negociar el conocimiento, una práctica dinámica en la medida en que distintos grupos encuentran una manera de compartir un único mensaje. La facilitación de la participación pública cobra importancia en la medida en la que el público posee el derecho a saber, no solamente por que es la fuente de financiación de la investigación, sino también porque la ciencia posee un destacado papel en la vida moderna. Muchas de las cuestiones de política científica se resolverán en la esfera pública, de modo que para alcanzar esa responsabilidad la comunicación que reciben debe permitirles participar en los procesos de debate y toma de decisiones. Por último hay que reconocer el aspecto social de la ciencia y de cómo las políticas científicas son influenciadas por la investigación científica y pueden ayudar la profundización de la comprensión pública de la ciencia, a la vez que resultan benéficas para la comunidad científica, por ejemplo, alertando acerca de los rumbos indeseados que puede tomar la investigación científica

Por otro lado, cada vez más se requiere y se reconoce el papel desempeñado por los científicos dentro del proceso de comunicación pública de la científica. El principal impedimento en este sentido es el hecho de que la divulgación no es vista por la comunidad académica como una actividad que deba ser fomentada. Existe una oscilación en la actitud de los científicos hacia este tipo de actividad, legado de situaciones de confusión y ambivalencia, de contradicciones y tensiones entre el sistema de producción científico-tecnológico y su relación con la sociedad.

El incremento de la participación de los científicos en el proceso de difusión de la ciencia también se justifica a partir de objetivos pragmáticos: la distribución de recursos financieros, la generación de fondos de investigación para áreas de investigación de intereses sociales y dotados de credibilidad son cada vez más susceptibles a la intervención pública. Así, los medios representan “un campo de batalla para intereses políticos y económicos buscando expresar sus visiones al público” y en la medida en que las cuestiones científicas y tecnológicas están en juego, la comunidad científica también penetra en esta arena (Nelkin, 1995).

También cabe notar que la audiencia potencial de la popularización incluye a otros científicos, sirviendo de comunicación interna e interdisciplinaria. Además de los motivos pragmáticos de su relación externa, como son la persecución de objetivos políticos y sociales y la aglutinación de recursos para investigación, la divulgación también sirve a un propósito interno dentro de la ciencia como definir nuevos dominios del conocimiento, de “autobiografía” o de definición de la propia ciencia ante el público, con enfatización de la diferencia entre el público lego y el profesional.

Una encuesta promovida por el *Parliamentary Office of Science and Technology* con el objetivo de averiguar el papel de los científicos en el debate público y en la información sobre investigación científica y de como mejorar la comunicación entre científicos y la sociedad, ha involucrado a más de 1.600 científicos de universidades e institutos de investigación del Reino

Unido. Los resultados indican la existencia de actitudes muy positivas en relación al acto de comunicar los resultados de la investigación, del deber de comunicar públicamente las implicaciones éticas y sociales de las investigaciones. Sin embargo, apenas la mitad de los encuestados participó de alguna actividad de comunicación. Una posible justificación es el hecho de que los científicos se sienten limitados por las tareas de su trabajo diario que les deja poco tiempo para dedicación a la divulgación, pese al consenso de que ellos mismos deberían comunicar las implicaciones sociales y éticas de la investigación al público general pues son aquellos que mejor las comprenden. El nivel de participación en divulgación se encuentra relacionado con la habilidad y la auto-confianza. Aquellos que se sienten capacitados para comunicar hechos e implicaciones de su investigación y aquellos que recibieron entrenamiento tienen más posibilidad de participar, pero la gran mayoría no ha sido entrenada para manejar los medios de comunicación o comunicar con un público no especialista. Los beneficios percibidos de la divulgación son proporcionar al público la habilidad de comprender y juzgar temas científicos, de tomar decisiones más objetivas en sus vidas, promover el aumento de la comprensión del quehacer científico, además de la posibilidad de obtención de más financiación para la investigación (MORI, 2001).

Por otro lado, las principales barreras, según los consultados, serían la falta de conocimiento, de interés y el nivel de educación del público en ciencia, además de una preocupación acerca de la capacidad de los medios en informar de manera precisa. Los científicos encuestados creen que la manera más eficaz de se comunicar con el público es a través de los medios, pero pocos han tenido entrenamiento para manejarlos y los periodistas no son vistos como eficaces a la hora de proporcionar información precisa. Los científicos creen que el público tiene una gran confianza en los medios y una baja opinión de ellos y en conjunto estos factores pueden actuar como elemento de desencanto.

Por último, algunos autores llaman la atención sobre la poca atención dada a la tecnología en la comunicación pública de la ciencia. En este sentido se plantea si hay algo característico en la tecnología que pueda ser útil para la educación científica. La atención a la tecnología es un requisito para la investigación científica de calidad, dada la estrecha relación entre tecnología y trabajo científico. La ciencia, al poner a prueba hipótesis, implica la creación de diseños experimentales, por lo tanto de realizaciones tecnológicas. Los instrumentos refuerzan el cuerpo de conocimientos en que se fundamentan.

Por otro lado, la investigación científica tiene su origen en problemas tecnológicos previstos, en vinculación directa con necesidades humanas. Así que, también es posible hacer ciencia investigando este tipo de cuestiones. Al posibilitar la conexión con la vida cotidiana de los estudiantes, la familiarización con la concepción y realización de artefactos y con su manejo real, la tecnología surge como “punto de encuentro de saberes de muy distinta naturaleza, pero que se

relacionan entre sí para resolver problemas concretos de la vida real” (Gil Pérez & Vilches, 2003). La utilización de estrategias de resolución de problemas y la realización de montajes experimentales de naturaleza tecnológica suponen una ruptura con el aprendizaje puramente teórico cuando la tecnología se orienta hacia efectos prácticos, configurando situaciones que no se pueden simplificar de manera conceptual y práctica, y en las cuales hay que tener en cuenta todos los factores que intervienen en condiciones reales. Además el enfoque en la tecnología, puede evidenciar la vinculación ciencia-tecnología, a partir de una perspectiva CTS, con la evaluación y análisis de los posibles riesgos y repercusiones de su aplicación.

2.3.5. Periodismo científico

Según Nelkin (1995), uno de los principales problemas del periodismo científico en la actualidad es la gran dependencia del público respecto a los medios de comunicación para obtener información actualizada sobre ciencia y tecnología y los límites de lo que se puede aprender a través de la prensa. Muchas personas, lo único que saben sobre ciencia es lo que ven en la prensa en confrontación con experiencias educativas del pasado o de su experiencia directa. Además la prensa es su principal fuente de información acerca de las implicaciones de los cambios en los campos científicos y técnicos. De esta forma se produce una lucha por el control sobre la información, sobre los signos e imágenes mediadas, valores y visiones transmitidos al público en la educación, entretenimiento y medios de comunicación.

El papel de la prensa dentro de la percepción pública de la ciencia y de la tecnología no se puede minusvalorar. Una primera actuación reside en la selección de temas: definen su mayor o menor importancia. Los procesos a través de los cuales se opera esta selección –*agenda-setting*, *gatekeeping*, *newsmaking*– se han estudiado a fondo en el área de la comunicación social (Wolf, 1996). De forma similar, la elección de titulares legitiman o critican políticas públicas, abriendo el campo a debates y a la intervención de la opinión pública. A su vez, la elección de determinados detalles influencia al lector a pensar en la ciencia y en la tecnología de determinadas maneras. Pero sobre todo, en la elección de teorías, los medios se aprovechan del *imprimateur* de la ciencia para dar soporte a determinadas visiones del mundo, con poca atención a la esencia de la generación de conocimiento científico, como pueden ser el lento proceso de acumulación de conocimiento y los límites prácticos de una teoría.

El periodismo científico se puede definir por:

El conjunto de las actividades periodísticas dedicadas a temas científicos y tecnológicos y dirigidas al grande público de no-especialistas, a través de diversos medios: prensa, radio, televisión, periódicos especializados y otras publicaciones en nivel de vulgarización (Thiollent, 1992).

O,

La divulgación de hechos y procesos acerca de ciencia y tecnología. No es, por lo tanto, simple provisión de datos y acontecimientos. Es la divulgación de la ciencia vinculada a la política de desarrollo del País y del mundo (Izuwa, 1984).

El periodismo científico incluye un proceso de recepción de la información que debe tener en cuenta la adecuación del lenguaje científico al lenguaje periodístico, o sea la transformación hacia un lenguaje asequible de connotación generalista y que intente descifrar las expectativas de ese público receptor, formado por un sector heterogéneo de la sociedad¹⁰.

Este proceso barca principalmente la misión informativa del periodismo, lo que implica una transmisión, haciendo comprensible el contenido científico y estimulando la curiosidad, en otras palabras, difundiendo hechos e ideas del periodismo científico. Como nota (Julve, 1999), esta es una función intrínseca al periodismo general y la sensibilización corre el riesgo de un doble hilo de “sensacionalismo angustioso”. Su mayor importancia subyace en que:

Ante el asombro de los avances vertiginosos de la tercera revolución científico-técnica, me preocupa sobremanera transmitir la sociedad hasta qué punto la ciencia moderna se encuentra en equilibrio adecuado con las necesidades más urgentes del género humano...Me interesa, además, socializar este conocimiento, por ser éste un patrimonio de la humanidad, y sólo se consigue cuando lo poseemos; como una manera de comprender nuestra conciencia y grandeza (Calvo Hernando, 1997).

Por lo tanto, el uso social del conocimiento supone un poder implícito, el permitir participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten. Esta función necesariamente se hace a través de una función de intérprete, explicando el significado y sentido de los descubrimientos y progresos en ciencia y tecnología. Por último, al periodismo científico también se le atribuye una función de control, con el seguimiento de las decisiones de política científica y tecnológica y con el objetivo de poner el progreso científico a favor de la calidad de vida y del bienestar humano.

¹⁰ Como consecuencia del incremento del nivel de conocimiento para actuar en una determinada área, “la especialización periodística surge como una exigencia cada vez más sectorizada y como una necesidad de los propios medios de alcanzar una mayor calidad informativa y una mayor profundización de los contenidos”. La especialización “se entiende por especialización el conjunto de actividades encaminadas a la recogida, elaboración, transmisión y recepción de informaciones y conocimientos relativos a un área concreta del periodismo” (Fernández Obregón, 2001). Asimismo, entre las actividades que un especialista debe dominar, destacan la de conocer y buscar los colaboradores profesionales adecuados, sondear la opinión pública sobre el tema, determinar el nivel de colaboración –en el sentido de relaciones de sustitución o complementación– con los especialistas, redactar la información con posterior revisión por el especialista, añadir comentarios que faciliten y orienten la lectura de la información y disfrutar de la autonomía para responsabilizarse de la información publicada (Enebral & González, 1991). Como veremos, el periodismo científico atiende a estas características y requiere estas especialidades.

Esta última función nos dirige hacia un cambio de rol en el cual el periodismo científico, en la actualidad, debe ponerse directamente al servicio de la sociedad, con “fines y objetivos de proyección social, educación, democracia, proyección cultural y científica, desarrollo integral” (Calvo Hernando, 1997), llegando a ser un factor de cambio social y tecnológico, pero siempre recordando los efectos positivos y negativos del desarrollo científico-tecnológico. En última instancia:

El periodismo científico tiene como objetivo final la utopía, explicar el universo, y una meta, mejorar la calidad de vida de los pueblos. Es una obsesión que los periodistas compartimos con la filosofía, con la física, con la cosmología y con otras especialidades y profesiones, a sabiendas de que tanto el hombre como el mundo son, por ahora, inexplicables (Calvo Hernando, 1997)

La práctica del periodista científico reúne las condiciones de periodista, científico y divulgador. La de periodista, por las labores de elección de la noticia, lectura y selección de datos para determinación de qué hechos producidos en el campo científico merecen notificarse, teniendo en cuenta que esta elección debe basarse en criterios como la trascendencia futura y la capacidad de despertar curiosidad. De divulgador, por el objetivo de situar a la ciencia dentro del contexto general de la civilización, e intentando superar la contradicción entre un sistema de ideas claras que atiende a normas lógicas y otro de ideas vagas al margen de la lógica. Dentro de esta dinámica, tanto en su papel de científico como de divulgador, el profesional de la comunicación debe buscar el dominio del lenguaje escrito, con criterios de claridad y sencillez, buscando la fiabilidad de la noticia, con acompañamiento de referencias y contexto, simplificando para facilitar la comprensión (Julve, 1999).

Trench (1998) en una investigación de la prensa europea de calidad, con el rastreo de la información científica aparecida en la revista *Nature* y su transferencia comunicativa a los medios generales, detectó dos tipos de periodismo científico. Según su tipología, basada en criterios de relación con el público y con las fuentes de referencia, hay un tipo de periodismo más informal, dotado de una conexión con los intereses populares, haciendo referencias del lenguaje cotidiano y con orientación hacia los sucesos. También se caracteriza por la cita directa de las fuentes y por un menor énfasis en el proceso del descubrimiento científico. El segundo tipo sería un reflejo de los puntos destacados por las publicaciones científicas, dotado de un lenguaje más técnico, con menores restricciones de tiempo, caracterizado por el uso de paráfrasis y citas indirectas, además de referencias al proceso científico.

En Iberoamérica, se dedica poco espacio a la ciencia y a la tecnología en los medios de comunicación, en comparación con otros países. Las posibles causas son la falta de sensibilidad de lectores y editores, el nivel cultural de la sociedad, la ausencia de especialistas mediadores y principalmente la ausencia de un “clima” o conciencia científica, dando como

resulta un círculo vicioso. Sin embargo, este ambiente propicio lo deberían crear también los propios medios y el sistema educativo, sobre una población educada científicamente, (Calvo Hernando, 1997)

Según Bueno (1999), la literatura sobre el periodismo científico muestra por lo menos cuatro líneas, que presentan numerosos puntos de tangencia, aunque con características e intenciones ligeramente distintas. La primera se concentraría en la identificación de problemas concretos que dificultan la práctica de la divulgación científica, agrupándose en tres grandes categorías: las relaciones entre científicos y periodistas, la descodificación del discurso científico y el carácter comercial de los medios de comunicación. La segunda vertiente está centrada en la práctica de la divulgación científica, que en los países carentes de una ciencia propia, deriva hacia el exterior, principalmente a las informaciones producidas por los países más desarrollados. La tercera vertiente estaría vinculada a la reflexión generada en las universidades, tratando de sistematizar conceptos y problemas de la divulgación científica, desmitificando la frecuente afirmación de que la ciencia y la tecnología estarían siempre a favor de la humanidad y buscando evidencias de intereses muy definidos. Por último, la última vertiente estaría relacionada con la práctica del periodismo científico, teniendo en cuenta áreas específicas del conocimiento, como por ejemplo, la ecología y el medio ambiente y estudiando las actitudes de los medios de comunicación en casos concretos.

A su vez, Chaves (2000) ha realizado una investigación con el objetivo de establecer un panorama inicial de la producción académico-científica y definir el campo. Las principales líneas de investigación en periodismo científico se acercan al sensacionalismo como factor de influencia en la cobertura periodística de la ciencia, los conflictos entre científicos y periodistas, la contribución de la prensa para alterar el cuadro mundial de la divulgación científica, el hermetismo del lenguaje científico, el espacio ocupado por la ciencia en los medios de comunicación de masas y el carácter de denuncia del periodismo científico y su dependencia en relación a las fuentes oficiales.

En cuanto a la relación entre científicos y periodistas, tema insertado en la práctica del periodismo científico, esta refleja algunas dificultades de la comunicación pública de la ciencia en general, y por este motivo merece un análisis detenido.

Pese a la existencia de actividades comunes entre científicos y periodistas, como por ejemplo el hecho de que ambos conducen investigaciones, reúnen información y relatan sus hallazgos, sus diferencias se hacen mucho más patentes. En la conflictiva relación entre estos dos grupos, los conceptos de diferencia cultural y comunicación intercultural pueden ayudar a superar los conflictos. Las dificultades en la interacción comunicativa, dentro de estas perspectivas, se pueden entender como consecuencia de diferencias culturales en la interacción entre periodistas y científicos.

La transmisión del significado, a diferencia en los códigos lingüísticos, se caracteriza por la ausencia de un trasfondo semántico compartido entre las dos culturas. Además, los estereotipos de grupo, con la percepción sesgada del comportamiento real de forma congruente con el estereotipo en cuestión en algunos casos llevan a profecías auto-realizadas pues la respuesta a los comportamientos percibidos de un estereotipo puede estimular exactamente el tipo de comportamiento que se espera. Además, en la comunicación intercultural, diferentes convenciones, normas y definiciones de papeles son confrontadas, dando como resultado un desencuentro de expectativas.

En esta dinámica, se deben considerar tres culturas, las de las profesiones de la ciencia y del periodismo, y la cultura cotidiana compartida por los dos grupos:

En sus interacciones con los periodistas, los científicos se enfrentan entonces con la cultura profesional periodística así como la cultura cotidiana. Problemas de relevancia y comprensión del mensaje dominan la relación de la cultura científica en relación con la cultura cotidiana, mientras estereotipos y aspectos pragmáticos de como estructurar la interacción, en los términos de actores y papeles sociales y de los objetivos de la interacción son más importantes en la producción de tensiones entre las culturas periodística y científica (Peters, 1999).

Las diferencias entre cultura cotidiana y cultura científica originan dificultades al explicar los problemas, los métodos y los hallazgos científicos; un desencuentro entre lo que los científicos consideran tópicos importantes de comunicación y en lo que el público está interesado, además del uso de criterios distintos en la evaluación del coste-beneficio de la investigación científica. Otro punto de discordancia es el enfoque, pues la comunicación primaria se centra en alegados factuales, su prueba y la relevancia de la investigación siendo claras para la comunidad científica.

A su vez, la comunicación secundaria suele buscar el por qué de la investigación, quien la realiza, sus impactos sobre la sociedad, en una acomodación de contexto. Los científicos identifican la imprecisión, el sensacionalismo, la introducción de sesgos y el estímulo de actitudes anticientíficas como problemas y dificultades de la divulgación científica (Nelkin, 1995). A este trato injustificado se añaden reclamos de banalidad, cobertura insuficiente, simplificación, espectacularidad (Calder, 1998). Caldas (1998) apunta la cuestión de la inmediatez de los medios como fuente frecuente de fricción y propone que este también es uno de los aspectos sobre el cual los científicos deberían concienciarse. Otros riesgos más serían la trivialidad, el efectismo, la demagogia, la prisa y la confusión entre ensayos y resultados reales. Cabe destacar que la confusión y el sensacionalismo, presentes en el periodismo, derivan de la práctica periodística de la rapidez, con poco tiempo para investigar y hacer un análisis profundo e independiente de los hechos y con el fundamento en fuentes que perpetúan la confusión. Mientras tanto, los periodistas culpan a las fuentes de información por proporcionar información inadecuada,

además de caracterizar a los expertos como incommunicativos, fríos e incomprensibles (Peters, 1999).

Una investigación empírica realizada con expertos científicos en Alemania trató de revelar las diferencias en la percepción de la función y características del periodismo en los dos grupos profesionales. Como creencia compartida, la función informativa debería caracterizarse por la ausencia de sesgos políticos, carácter no emocional, objetividad, orientación hacia la verdad científica y ausencia de sensacionalismo. Las discrepancias surgen en el contacto de los periodistas con expertos, principalmente en la cuestión de si los periodistas deberían dejar a sus entrevistados comprobar los artículos previamente a su publicación. Este desacuerdo se puede interpretar de dos formas. La primera proviene de dos visiones distintas acerca del concepto de precisión, que es mucho más valorada por los científicos como método de evitar errores. La otra interpretación se refiere a las definiciones incompatibles del papel desempeñado por cada parte en el proceso de comunicación científica, pues la revisión implícita definiría quién está al frente del proceso, comunicándose con la audiencia. En otras palabras, el poseedor de la responsabilidad final (Peters, 1999).

Esta discrepancia, por lo tanto, puede revelar una lucha por el control del proceso comunicativo. Según los datos de la investigación, los periodistas consideran a los científicos fuentes pasivas utilizadas para cumplir las funciones de información y cuanto más político y controvertido sea el tema, menor la posibilidad de que los periodistas permitan que los científicos asuman el control.

Desde el punto de vista de los científicos también es interesante analizar la referencia que hacen a la propia cultura científica a la hora de tratar con los medios. Si se adopta una postura de que ambos son pares, la convicción equivocada de que el periodista posee un trasfondo de información compartido, incluyendo normas, valores y códigos, evita que el periodista haga preguntas “simples”, y como consecuencia un reportaje impreciso. Por otro lado, la relación de profesor-alumno añade un componente jerárquico a la relación, de forma que el periodista puede percibir la exposición didáctica como arrogancia.

Por último, si la publicación en los medios se percibe análoga a la publicación en revistas científicas, los reclamos de autoría, el cambio del papel del científico de autor a objeto, el contenido y estilo de la comunicación, el conflicto entre el deber de atraer a la audiencia y la restricción de las normas científicas, todos son factores que crearán barreras a la hora de divulgar. Como conclusión, para que se manejen mejor las tensiones y se mejore la competencia necesaria para comunicarse con la otra cultura, es necesario mejorar la competencia comunicativa intercultural, con mejor gestión psicológica de las frustraciones y experiencias negativas y la despersonalización de los conflictos, más que la resolución de valores conflictivos (Peters, 1999).

Además, también se puede observar una diferencia en relación con el *ethos* propios de científicos y periodistas y que tiene por consecuencia repercusiones importantes, en forma de barreras a superar en la divulgación científica. El *ethos* de los científicos, si consideramos las ideas de la sociología clásica de la ciencia, expuestas principalmente por Merton (1960), estaría compuesto básicamente por cuatro imperativos institucionales, que reflejarían y condicionarían a las normas y valores de la comunidad científica: el universalismo, comunalismo, escepticismo y desinterés organizado. Aunque en la práctica los imperativos de Merton se puedan considerar utópicos, hasta el punto de enunciarse un conjunto de contra-reglas (Mitroff, 1974), si aceptamos esa concepción por un instante nos damos cuenta de que no hay comparación entre los imperativos *mertonianos* con el conjunto de valores éticos y profesionales del periodismo, por lo que no existen paralelos. Tal diferencia, conjuntamente con las dificultades propias de la profesión del periodismo científico mantiene una serie latente de riesgos en el periodismo científico.

La relación entre la ciencia y los medios de comunicación también plantea problemas éticos, ya que cada una utiliza escalas de valores distintas (Resnik, 1998).

Los principios de la conducta ética del periodismo se centran en la búsqueda de la objetividad, en el sentido de cubrir varios aspectos de un tema a partir de un punto de vista neutral y sin la inclusión de comentarios de opinión; de la precisión, evitando distorsionar los hechos y con base en fuentes fiables de información; del valor informativo de la noticia según criterios de interés para el público y adecuación temporal. Otras cuestiones éticas del periodismo son la privacidad de las fuentes, la adhesión a criterios de responsabilidad social informando sobre temas de interés social por el bien de la sociedad y la libertad de publicar sin temor a la censura.

A su vez, la ética de la ciencia se basa en la honestidad, en el sentido del fraude científico y en la precaución de evitar errores; en la libertad intelectual, en búsqueda de nuevas ideas o de crítica de otras; en la apertura de compartir datos y métodos, de diseminar la producción y de estar abierto a críticas; en el principio de crédito, reconociendo de los esfuerzos ajenos y evitando el plagio; en la responsabilidad social en el sentido de observar las consecuencias de la investigación científica en el entorno.

Es por lo tanto cuando la ética de la ciencia entra en conflicto con la ética del periodismo cuando surgen algunos dilemas de la comunicación de la ciencia. Por ejemplo, en las ruedas de prensa convocadas por científicos se informa sobre resultados antes de que se hayan confirmado por la comunidad científica. Esta modalidad de comunicación pública se puede utilizar para establecer una prioridad, saltando los filtros de revisión y yendo en contra de las normas científicas aceptadas, aunque por otro lado, la divulgación de los resultados puede tener consecuencias sociales importantes por lo cual se hace necesario divulgarlo cuanto antes. En los

congresos, la presentación de trabajos científicos adopta un carácter preliminar, para provocar la retroalimentación y no como estudio concluyente. En este caso surge el dilema entre el derecho del periodista a recibir información y del principio de apertura de la ciencia y el derecho de proteger investigaciones preliminares y responsabilidades. En las entrevistas, para evitar las citas fuera de contexto, se recomienda proporcionar entrevistas amplias y en profundidad, educando a los medios y a sus informadores (Resnik, 1998).

En otras situaciones, como en los casos de fraude, los medios pueden no tener en cuenta la naturaleza de la mala conducta científica, como la asignación impropia de crédito, plagio o falsificación de datos (Nelkin, 1995).

Para comprender esta problemática los padrones históricos y precedentes que han moldeado la forma actual del periodismo científico deben considerarse. De esta manera, en el siglo XIX, la información científica para el público general se concentraba en información práctica sobre agricultura, remedios caseros y fraudes científicos de tono sensacionalista. Se caracterizaba por una ambivalencia en relación con el desarrollo industrial por un lado y el poder de la ciencia y la tecnología, por otro, retratando la ciencia en términos místicos. A partir de la Primera Guerra Mundial, el énfasis de la comunicación científica en los medios se vuelve hacia sus aplicaciones, proporcionando por un lado prestigio social de la ciencia pero aumentando también el abismo entre expertos y el público no especialista, debido al dominio de técnicas y conocimientos cada vez más complejos. En este período, la imagen que se retrata de la ciencia es la de un instrumento de progreso, de guía para el comportamiento y pensamiento correctos, resultando una “visión heroica de la ciencia”. La coincidencia de este período con la emergente profesión del periodismo científico deriva en la creación de un patrón para esta forma de comunicación¹¹.

La boda entre periodismo y ciencia originó esfuerzos por aplicar la objetividad científica a la práctica del periodismo. En este sentido, prevalecía la visión de la ciencia como una “base apolítica para la política pública, un modelo de racionalidad en las cuestiones públicas”. Los hechos por encima de intereses y presiones se distinguen de valores y en este sentido el periodismo se propuso “abordar el ideal de la neutralidad y del reportaje ausente de sesgos equilibrando puntos de vista diversos, presentando los lados justamente y manteniendo una distinción clara entre el reporte de noticias y la opinión editorial” (Nelkin, 1995).

Sin embargo, este acercamiento supone una contradicción, pues la objetividad a través del equilibrio de opiniones no tiene sentido en la epistemología científica, donde la verificación experimental es el criterio de verificación de la realidad. Resumiendo, en periodismo,

¹¹ No solo la ciencia es heroica, sino también sus divulgadores, como se puede apreciar en esta cita del periodista científico William Lawrence del *New York Times*: “True descendants of Prometheus, science writers take the fire from the scientific Olympus, the laboratories and the universities and bring it down to the public” (Gregory & Miller, 1998).

las pruebas se logran a través de la búsqueda de múltiples fuentes de información para evidenciar el contraste necesario para alcanzar el criterio periodístico de objetividad, mientras que en ciencia, no se necesitan más fuentes, sino pruebas rigurosas (Resnik, 1998). Según este principio resulta que en los medios de comunicación se dedica el mismo espacio a la ciencia marginal que a opiniones bien establecidas dentro de la comunidad científica, proporcionando autoridad a personas que carecen de habilidades y conocimiento (Stocking, 1999).

Aún dentro de las diferencias en el *ethos* profesional juega un papel importante la concepción de lo que es noticia¹². Los resultados de las investigaciones científicas son provisionales hasta que sean certificados por los pares y adecuados al conocimiento existente y por lo tanto no poseen carácter de noticia. Por otro lado, para los periodistas, las ideas certificadas y establecidas no tienen el mismo interés que descubrimientos nuevos y drásticos. Además el periodismo demanda la humanización de las noticias, buscando el interés humano, y centrando el interés en logros y características individuales que van en contra de las normas gregarias de la comunidad académica. Por último, el periodismo centra su foco en la unicidad de eventos individuales para aumentar su valor como noticia (“lo único”, “lo primero”, “lo más grande”) mientras que los científicos prefieren comunicar una idea de continuidad y efecto acumulativo de la investigación científica.

Estas normas de objetividad fomentan los valores del pluralismo y promueven el proceso democrático basado en un acceso igualitario a los hechos. De esta forma, se podría pensar en los científicos como “reporteros de la naturaleza”. La objetividad como ideal también permitiría mantener independencia y autonomía en relación al poder público. Solamente en la década de los sesenta se lanzaron dudas sobre el significado de la objetividad y a ésta se le ha asignado un carácter de mistificación y de estrategia, con una posible contaminación de valores.

En los años setenta, el advenimiento del periodismo interpretativo y de investigación empieza a desmenuzar las dimensiones políticas de la ciencia, con el cuestionamiento de la neutralidad de las fuentes y el surgimiento de críticas a la ausencia de espíritu inquisitivo y escéptico en periodismo científico. El espíritu de crítica social del momento, conjuntamente con las controversias medioambientales empieza a generar preocupaciones sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad, con implicaciones en diversas áreas como los negocios, la medicina, la energía y el medioambiente.

En los años ochenta hay una vuelta al tono promocional, mientras que en los años 90 un retorno a la visión crítica, implicando en un carácter cíclico. Esta actitud de admiración y deslumbramiento por la ciencia marcan al periodismo científico e implican sesgos que identifican a los

¹² Asumimos la definición de que la “noticia es un hecho verdadero, inédito o actual, de interés general, que se comunica a un público que puede considerarse masivo, una vez que haya sido recogido, interpretado y valorado por los sujetos promotores que controlan el medio utilizado para la difusión” (Martínez Albertos, 1977).

periodistas científicos con su sujeto de forma más estrecha que en otros tipos de periodismo y situándolos en una posición de conflicto, dado el intento de atender a los ideales de la ciencia y al mismo tiempo atendiendo a los límites de su propia profesión. La consecuencia principal de esta forma de endogamia es que las noticias de carácter negativo acerca de la ciencia solamente van a provenir desde fuera del estrecho círculo científico-jefe de prensa-periodistas científicos, en una falsa representación de la ciencia (Nelkin, 1995).

En su papel de fuente, el científico suele adoptar métodos de control y filtración para protegerse de la interpretación tendenciosa, de concesiones sensacionalistas o de la comprensión equivocada, actuando en defensa de una auto-imagen, de la ética, de la exactitud y la verdad objetiva. Sin embargo, “cuando el hecho científico adquiere la dimensión de noticia, la información sale del universo y del control de los científicos, para ingresar en los procesos de producción periodística, cuyos criterios y objetivos aunque diferentes, no son necesariamente incompatibles con las finalidades de la ciencia” (Chaparro, 1990).

Así, la transmisión de la información científica a través de los medios de comunicación consiste en una búsqueda de convergencia de expectativas y conceptos en la relación con la información a través del interés público. Además, el tratamiento de noticias a nivel de fuente da como resultado contenidos de mejor calidad, pues el producto se beneficia de las técnicas del periodismo como la averiguación de las informaciones junto a la fuente original, la depuración en función de enfoques relevantes, una exactitud generadora de credibilidad y claridad y por último, la articulación creativa de las informaciones (Chaparro, 1990).

Además cabe destacar que en algunos casos los científicos pueden consistir fuentes no neutrales de información, utilizando estrategias retóricas para llamar la atención, y técnicas de relaciones públicas cada vez más sofisticadas y buscando activamente un buen tratamiento por parte de los medios de comunicación e intentando igualar el interés público con el apoyo a la investigación. Pese a esto, se puede detectar una ambivalencia en esta relación mutua de interdependencia debido a los problemas que se producen en el contacto entre científicos y periodistas.

Para Calder (1998), la comunidad científica debería ajustarse a las necesidades de los medios, ofreciendo noticias y presentando el trabajo de forma que resulte atractivo tanto a los medios como al público general, aumentando su poder de “venta”. De esta manera, se debe buscar un criterio de noticia basado en lo que influye directamente en la vida de cada día del público y en los impactos sobre la sociedad más que en los detalles tecnológicos y utilizar elementos gráficos y fotográficos para satisfacer la demanda de componentes visuales de los medios de comunicación. Sobre la frecuente queja sobre la precisión, los científicos deberían ser más auto-críticos, basándose en el argumento de que la imprecisión deriva de explicaciones y presentaciones pobres, pues el periodista solamente transmite lo que ha comprendido. Y por

último, aceptar la discusión y la crítica, a través del análisis de las dos caras de una noticia que también se debe incorporar a la cultura divulgativa de los científicos.

Siguiendo el mismo razonamiento, Caldas (1998) propone que científicos y periodistas actúen en colaboración, buscando una comprensión mutua de los métodos y procesos de trabajo uno del otro y estableciendo una responsabilidad compartida en el proceso de comunicación pública de la ciencia. Para Gaus y Wildt (1998) esta acción conjunta atiende al principio de “compartir inteligencia”, a partir de la premisa de que la complejidad creciente del conocimiento y de su relevancia para decisiones políticas y económicas hace necesario que ambos lados tiendan a la comprensión pública, en una convergencia de intereses.

Para la comunidad científica, el extremo más alejado de la sociedad, la responsabilidad social del científico en divulgar la ciencia también surge como respuesta a la inversión pública en ciencia y tecnología. La existencia de una cultura compartida implica ventajas para ambos grupos, con la realización de un trabajo más eficiente. Cuando ambas partes comprenden las reglas del proceso, la preocupación se centra en transmitir la información de manera precisa, más que en superar barreras en la logística del proceso (Dunwoody, 1999).

En cuanto a las limitaciones operativas del periodismo científico, quizás la principal sea el tiempo disponible para cubrir temas complejos y desarrollar interpretaciones en función de las incertidumbres técnicas y discordancias científicas. En esta cuestión de la temporalización también incide el énfasis en noticias espectaculares, que por lo general no se orientan a una buena cobertura de la ciencia, pues el verdadero significado de las investigaciones suele residir en consecuencias a largo plazo. Otro tipo de restricciones son las presupuestarias. Se observa en los medios de comunicación el empleo de periodistas de carácter general. Solamente los grandes medios disponen de los recursos para mantener profesionales especializados, entrenados en las particularidades de la comunicación científica.

La información científica en la prensa general también debe competir por espacio, con todos los otros tipos de noticias, lo que supone una limitación de espacio para que se pueda proporcionar la información de trasfondo y contextualización. A su vez, los estrictos plazos de entrega se relacionan con la mencionada limitación de tiempo, y las fuentes de información suelen ser únicas, lo que influye de forma decisiva en la forma de las noticias. En último lugar, adquieren importancia las limitaciones editoriales. No solo el periodista delega la forma final del artículo —en qué parte del periódico y exactamente qué se publica— también los titulares son elegidos por los editores. Que a su vez suelen utilizar criterios distintos de los periodistas científicos en la evaluación de las noticias científicas, con tendencia a utilizar criterios de excitación, drama y controversia sobre aquellos de significado y precisión. Otra demanda editorial común es la exigencia de explicaciones definitivas, mismo a la vista de la existencia de controversias e incertidumbres.

Para que el contenido del mensaje del periodismo sea significativo, es necesario que atienda a criterios de relevancia y consonancia. De relevancia para que se tomen la molestia de leerlo y de consonancia para que esté conforme con actitudes y creencias ya existentes. Una posible estrategia para llamar la atención del público es la cooptación, con la vinculación a un tema de actualidad no relacionado con la ciencia, en lo que se podría denominar una estrategia “invisible” (Fayard, 1997).

Otros criterios periodísticos que influyen en la cobertura de la ciencia y de la tecnología son la frecuencia, la expectación y la continuidad. Las noticias científicas no suelen tener una frecuencia definida (aunque una excepción es la asignación de los Premio Nobel) pues el ritmo de cambio científico no es regular. Por otro lado, la ciencia algunas veces demuestra un alto grado de sorpresa, aportando un valor de excepcionalidad a la comunicación periodística. La continuidad, aunque más rara, se puede lograr en los casos de controversias científicas, donde el tiempo de duración de la cobertura de determinado tema, la implicación y la familiaridad con el tema y con los personajes involucrados resulta en una situación de fidelización del lector.

En cambio, a diferencia de otras áreas, la ciencia no aporta elementos de competitividad, pues no solo las exclusivas son raras en ciencia, sino que no se establecen relaciones de exclusividad con los medios de divulgación. Es más, se puede observar una cultura de colaboración entre periodistas científicos y entre periódicos o medios de comunicación. Sin embargo, la selección de temas depende de fuerzas más amplias en juego, por ejemplo los intereses en competición de determinados grupos sociales (Miller, 2000a).

En el plano cognitivo, las limitaciones operativas también se producen en relación con la complejidad de los temas y con la explosión de la cantidad de información científica disponible, de forma que resulta complejo reconocer cuáles son los temas de mayor significado. Sumados a las explicaciones que desafían el sentido común y que requieren material de trasfondo para una comprensión adecuada, el cuadro general es de dificultad para mantener la precisión, aún más cuando los profesionales también se resienten de la falta de comprensión de conceptos científicos y técnicos, sobre todo en lo que se refiere a la metodología científica. Cabe destacar también que las palabras poseen un sentido especial en el contexto científico, y se pueden interpretar de manera distinta por el público no experto, debido a la existencia de una connotación más general para el mismo término.

En cuanto al tratamiento de la información, los obstáculos para la comprensión de la ciencia no se relacionan solamente con la utilización de términos especializados y de sentencias largas, sino también con la utilización de términos familiares de manera no familiar, por ejemplo el concepto de fuerza asume significados distintos en el registro científico y en el popular. Además, la presencia de estructuras o procesos que se deben visualizar mentalmente para su plena comprensión demandan altos niveles de precisión y abstracción.

En la rutina de tratamiento de la información se identifican, por lo tanto, tres niveles de explicación. El primer nivel es el de las **explicaciones elucidativas**, que ayudan al lector a comprender el significado y utilización de determinado término. Suelen contener la instancia típica del concepto, seguida de la definición de sus características esenciales y de una lista de ejemplos y “no ejemplos” –ejemplos aparentes que describen un fenómeno de forma errónea. En segundo lugar, las **explicaciones casi científicas** auxilian la comprensión de los puntos principales, de las estructuras clave y de las conexiones críticas presentes en fenómenos complejos. Se aplican por ejemplo a los fenómenos difíciles de visualizar y necesitan la utilización de soportes gráficos y de lenguaje figurativo para la construcción de modelos mentales de fenómenos intrincados o complejos. Por último, las **explicaciones transformativas** operan sobre las ideas que van en contra de la intuición o de aquellas que aunque sean de fácil visualización y descripción con palabras, son difíciles de comprender. La principal barrera es el conocimiento previo. A este tipo de transformaciones se les llaman transformativas por que auxilian a las personas a reconocer la teoría profana implícita, reconociendo sus fortalezas y debilidades, generando una insatisfacción, para luego proceder a la transformación en conocimiento científico aceptado (Rowan, 1999).

Un problema más es la cuestión de la homogeneidad, los artículos se concentran en los mismos temas de forma transversal a los medios, basándose en las mismas fuentes e interpretando el material de manera bastante similar. En suma, compartiendo un mismo estilo, imaginario y percepción del mundo.

Los medios de comunicación suelen presentar una imagen más sólida de lo que realmente es la ciencia exagerando sus reclamos y descuidando los calificativos y precauciones utilizados por los científicos. El periodismo científico transforma a investigaciones especulativas en conclusiones definitivas, con tendencia a minimizar las incertidumbres. Esta tendencia a “solidificar y mistificar” los reclamos de la ciencia consigue una predominancia de los productos finalizados sobre los procesos. Además también se suele presentar la ciencia como una búsqueda siempre triunfante, de éxito asegurado, por la verdad y la incertidumbre como algo reducible, aunque haya evidencias de que algunas controversias no podrán resolverse nunca. Esto a la vez conduce a una paradoja, al cristalizar los resultados de una producción de conocimiento que se encuentra en cambio, los periodistas hacen parecer a la ciencia más incierta a los ojos del público. En otras palabras, determinado hallazgo que se publica como conocimiento consumado un día, al otro es contradicho por otra conclusión definitiva. Esta alternancia entre recuentos contradictorios, que además no son explicados o ni siquiera justificados, provocan una representación de una imagen de la ciencia en flujo en determinadas cuestiones, que podría evitarse con la explicación de las particularidades de cada caso (Stocking, 1999).

Pese a estas dificultades, según Pérez Oliva (1998), la comunicación científica aporta un valor añadido a los medios generalistas. El principal valor sería el de la credibilidad teniendo en cuenta que la producción científica se caracteriza por criterios objetivos y por un alto grado de consenso. Además, también aporta interés social debido a las cuestiones científicas de importancia estratégica que se debaten en la sociedad. La combinación de credibilidad e interés social da como resultado la fidelización de los receptores, aunque se haga necesario un balance entre el rigor (ponderación) y la atracción (espectacularidad). Este balance generalmente es una fuente de mal entendidos, debido a las distintas expectativas de un público profesional y los receptores legos.

Al aportar credibilidad, se produce una legitimación de los medios de comunicación como vehículo de transmisión del conocimiento, hecho que en menor medida ya se observa a través de la utilización de los medios como elemento de estrategias educativas¹³. Pero en un escenario en que la competición por la atención entre los canales de producción y transmisión de la información, la legitimación asume tal importancia que el conocimiento académico previamente validado, jerarquizado y consolidado puede ceder lugar a la comunicación mediática instantánea, de validación circunstancial y fragmentaria en la percepción del público como método de generación de conocimiento, con el consiguiente riesgo de usurpación o pérdida del monopolio de la comunicación científica.

Una operación de considerable importancia dentro del proceso de difusión de las informaciones científicas es la búsqueda de la precisión a través de la validación de las informaciones, de la comprobación de los datos, del contraste de versiones y de indagación acerca de intereses subyacentes o sobre posibles efectos. Una fuente de discrepancia en este tema es el hecho de que el tiempo de producción de la ciencia y el tiempo de producción en las redacciones son radicalmente distintos de forma que la validación de las fuentes, su disponibilidad y el conocimiento quedan comprometidos.

Las revistas científicas se suelen utilizar como principal fuente de información, hecho del cual las propias revistas se aprovechan para establecer la consolidación de su posición relativa dentro del flujo de información científica y promover su proyección social. Por otro lado son bastante problemáticas las fuentes de información que utilizan canales propios, con la existencia de relaciones de dependencia de investigadores en relación a intereses privados. En resumen, “los medios no tienen recursos para realizar un periodismo de investigación y los investigadores no están interesados en cuestionar las revistas científicas porque éstas constituyen su mejor plataforma de promoción profesional y aspiran a seguir publicando en ellas” (Pérez Oliva, 1998)

¹³ La utilización de los medios de comunicación como instrumento pedagógico en la clase se puede dar como un eje orientador de temas polémicos para la discusión y del modo de percibir cómo son producidas las informaciones. Además también puede proporcionar datos empíricos a través de los cuales se pueden aplicar conocimientos de las ciencias exactas como las matemáticas (Pfeifer, 2001).

Poco a poco, las cuestiones editoriales también asumen otro sentido, a medida que la prensa pierde libertad, debido al miedo a posibles demandas originadas por el periodismo de investigación, resultando un tipo de periodismo caracterizado por la utilización de notas de prensa, la adaptación a las cuestiones políticas y valores predominantes, y sobre todo a evitar cuestiones polémicas. A estas actitudes cautelosas se sumarían las presiones externas provocadas por factores económicos, a la dependencia de los medios de la publicidad o de su posesión por grupos empresariales y del poder de influencia del sector productivo asociado.

De este modo, la visibilidad a través de los medios de comunicación masivos como modo de asegurar soporte económico a la investigación y políticas científico-tecnológicas favorables a la comunidad científica empieza a generar funciones de relaciones públicas dentro de la ciencia. Particularmente en las instituciones, se da en función de la importancia de garantizar financiación y de atraer a alumnos y personal especializado. Pero esta actitud no está exenta de riesgos, porque se puede producir un patrón en el cual periodistas buscando historias dramáticas tienden a acreditar a sus fuentes, aun que los reclamos sean dudosos con el objetivo de búsqueda de publicidad, abriendo el campo para que el sector industrial utilice el prestigio de la ciencia para alcanzar sus objetivos. Este tipo de comunicación científica se desarrolló como algo adjunto a la propaganda, pero también como respuesta a las crisis que pudieran dañar su reputación.

La utilización de científicos para influenciar la cobertura de temas controvertidos y proporcionar mayor credibilidad y el combate a la oposición a través de información técnica son estrategias que se utilizan en los medios de comunicación como herramienta de marketing, de venta directa a través de la publicidad indirecta de nuevas terapias o medicaciones retratados como avances médicos importantes. En conclusión, la utilización de relaciones públicas como forma de subordinar el periodismo al interés privado, se podría definir como una “lectura estratégica de la comunicación de crisis” (Fayard & Jaques-Gustave, 1998).

Por otro lado, la preocupación de los científicos acerca del sensacionalismo y exceso de simplificación ha llevado a controlar el acceso a la información por parte de los científicos, bajo el temor de que la cobertura pública afecte a los programas de investigación. Esta ambivalencia no surge tanto de experiencias personales, como de las características y normas profesionales mencionadas antes, a la vez que en las propias normas de la comunidad científica se produce un proceso de cambio desde la comunicación abierta hacia el secretismo fomentado por la disputa de prioridades y de la constatación de que la responsabilidad de la ciencia va más allá de la propia comunidad científica, encontrándose sujeta a investigaciones y regulaciones externas

Una cuestión que llama la atención es la ausencia de normas científicas en relación con la exteriorización de la ciencia, es decir, de normas que rijan la conducta de la comunidad académica hacia el público general, aunque también se pueda observar un control social sobre la actividad de divulgación. Informalmente, se propone que solo los científicos con una vida

productiva finalizada deberían dedicarse a la divulgación, aún así con la limitación a una determinada área del saber y de que su actuación debería darse en el sentido de mejorar la imagen pública de la ciencia, evitando extremos de opinión (Goodell, 1977).

La única excepción, en cuanto a reglas formalmente expresas, quizás, sean las políticas editoriales de revistas científicas, que se materializan por ejemplo a través de la “regla de Ingelfinger”, acuñada en función del editor del *New England Journal of Medicine*, quien estableció un criterio de primacía de las revistas, justificada en primer plano por el valor de noticia y luego por la solidez del sistema de revisión por pares, incluso el interés del propio público. La priorización del proceso de publicación tradicional contrasta con la necesidad de conocimiento público acerca de información con consecuencias directas para la sociedad, por ejemplo en el caso de salud pública, buscando la reducción del miedo público y sobre la evidencia de que los atrasos significativos a la hora de sacar un problema de carácter público a la luz, ha resultado en altos costes sociales y evitado la adopción de respuestas preventivas adecuadas. En caso de accidentes y crisis, las instituciones implicadas pueden realizar esfuerzos activos de exclusión de los medios, con el rechazo de entrevistas y el control y la censura acerca de tópicos polémicos, pese a que también la información censurada y controlada es difícil de contener, originando rumores, especulación y miedos exagerados.

Por otro lado, el acceso restringido a informaciones sobre investigación médica puede provocar efectos nocivos en la práctica de la medicina y en el comportamiento de los pacientes. En esta compleja dinámica también influye la diferencia entre la evidencia completa y los estudios preliminares, que pueden llevar a la distorsión de la información. De ahí que surjan propuestas de control del flujo de información a través de científicos cualificados y técnicamente competentes para manejar los medios, pese a que esto también pueda asignar un papel inapropiado de guardianes públicos de la información científica.

Los periodistas científicos son, en efecto, corredores, enmarcando la realidad social para sus lectores y moldeando la conciencia pública acerca de eventos científicos. Su selección de noticias acerca de ciencia y tecnología establecen la agenda para la política pública. Su representación de las noticias científicas establece el basamento para actitudes personales y acciones públicas. Son frecuentemente la única fuente de información acerca de las opciones científicas y técnicas que de forma significativa afectan nuestro trabajo y nuestras vidas (Nelkin, 1995).

Se observa por lo tanto, la existencia de una tensión sobre el papel de la prensa; por un lado los científicos perciben que su objetivo es transmitir una imagen positiva de la ciencia, como medio de complementar sus propios objetivos y un canal de información que se puede controlar pese a la tendencia de poner a prueba las cuestiones de responsabilidad científica y de cuestionarse las ideologías y prioridades sociales que guían las decisiones de política científica.

Esta tensión, más que inevitable, puede ser incluso necesaria para que cada comunidad pueda cumplir su papel social.

Por otro lado, la organización social de la ciencia se encuentra bajo un proceso de cambio y como consecuencia se observa un escenario donde se opera una restricción de la comunicación científica, con la exacerbación de la apropiación privada de los beneficios de la ciencia, de la priorización del sigilo industrial y del lucro en contraposición a la ética. Una forma de contrarrestar esta tendencia es a través del aumento de la cultura científica del ciudadano y de su apropiación del control social sobre la ciencia y la tecnología. A continuación analizamos más detenidamente esta cuestión.

La ciencia, dentro de la sociedad, constituye una institución mayor, un elemento estructural y un ingrediente de la cultura; debido a que los encuentros del público con la ciencia y la tecnología son frecuentes, y en distintas condiciones es difícil generalizar acerca de las actitudes que el público desarrolla ante la ciencia. Sin embargo, en un análisis más amplio, se puede considerar que el papel de la ciencia en la sociedad es determinada por la propia sociedad, por lo menos por fuerzas o instituciones de dimensiones políticas, de forma que “cada sistema social prescribe un papel para la Ciencia que conforma con la agenda política vigente de aquella sociedad” (Ziman, 2002). Este papel característico de la ciencia se ha podido observar en las sociedades tradicionales agrarias, en las sociedades teocráticas, en las sociedades totalitarias y en la sociedad del capitalismo donde asume la forma de “tecnociencia”, entendida como la fusión de investigación científica e innovación tecnológica para generar una ciencia puramente utilitaria e instrumental, con significados de inversión de capital para la mejoría de la economía y competitividad de un país dentro del escenario internacional, además de proporcionar la creación de riquezas, seguridad nacional, sanidad pública y bienestar social.

Sin embargo, la ciencia, en su concepción más pura, también posee papeles no instrumentales, como el fortalecer un conocimiento general, crear un “retrato del mundo”, formando parte de una conciencia de masa, de la mentalidad de la civilización. Estos constituyen bienes intangibles, pero muchas áreas de preocupación pública provienen muchas veces de la investigación básica y desinteresada. Este tipo de ciencia, denominado ciencia académica, se ha llevado a cabo históricamente por universidades e institutos de investigación.

Cabe destacar que esta discusión tiene como presupuesto la existencia de una sociedad pluralista, referida a la pluralidad de actitudes públicas, al servicio de una pluralidad de agendas políticas y la ausencia de una autoridad o ideología central capaz de prescribir un único rol determinante para la ciencia. Además, el discurso científico se caracteriza por una racionalidad crítica extremadamente eficaz en llegar a conclusiones teóricas convincentes en consonancia con realidades factuales, y de esto deriva la necesidad de incorporación de una actitud científica a la sociedad en general, pues:

La familiaridad con ciencia es intelectualmente aleccionadora, porque nos recuerda que los dogmas están para dudar, las teorías están para probarse empíricamente, los hechos supuestos están para desmontarse, los pensamientos hermosos están a menudo (¡ay!) para desconsiderarse, y con todo, las conjeturas hechas al azar no están siempre para descartarse y las autoridades establecidas están para desinflarse (Ziman, 2002).

Para desarrollar funciones no instrumentales la ciencia debe ser pública, con su utilización abierta a distintas áreas de la sociedad; universal, proporcionando acceso equitativo y una comprensión general de su contenido; imaginativa, para su libre exploración; autocrítica, para que se produzcan condiciones de validación experimental y debate y por último, desinteresada, buscando la producción del conocimiento por el conocimiento. Por otro lado, la tecnociencia se presenta como propietaria, con el objetivo de la exploración de la propiedad intelectual; particular, para servir a los intereses de élites y grupos de poder; prosaica, para resolver problemas y necesidades percibidas; pragmática, por probarse solamente para el éxito práctico y partisana, para satisfacer intereses y agendas disimulados.

De esta comparación, se deduce que el papel no instrumental de la ciencia no puede realizarse por la tecnociencia pero en otro sentido la tecnociencia sí depende de la ciencia académica como fuente de conocimiento fiable como base para investigación instrumental, para proporcionar perspectivas realista de necesidades sociales futuras o a través de hallazgos no esperados con usos no previstos, para la elaboración de criterios éticos para la evaluación de riesgos públicos, para dotar la racionalidad crítica en investigación, para formar investigadores capacitados y para servir como fuente de consultores imparciales y fidedignos. Más que eso, la libertad académica constituye la “piedra de toque” de la democracia pluralista, un repositorio de información fiable y fuente de ideas originales, un foro para el desacuerdo social y técnico dentro de la sociedad civil, una empresa moral sostenida por un *ethos* tácitamente aceptado y por la confianza mutua.

En la actualidad se produce una tensión entre la investigación post académica – dominada por criterios tecnocráticos, dependiente de la financiación pública y privada y con el enfoque en capacidades instrumentales– y la devaluación de las normas y valores académicos tradicionales. Esa tensión demanda un nuevo “contrato” para la ciencia, un proyecto intelectual con muchas dimensiones de análisis y preocupación que no tiene solución.

Ante la emergencia de la tecnociencia, se necesita también una nueva postura del periodismo científico frente a la compleja red de intereses y compromisos que circundan a la ciencia y la tecnología, principalmente a través del rescate del carácter crítico-pedagógico del periodismo científico. En la actualidad son tres los grandes temas más o menos relacionados que afectan la práctica periodística, en especial a la difusión del proceso de la ciencia y la tecnología. En primer lugar, la **conversión de la información y la tecnología en capitales**, entendidas como mercancías, sujeta a sistemas de acción y control para garantizar privilegios.

Dentro de este escenario, operan las estrategias de relaciones públicas de grandes empresas, la politización y asignación de ideología a temas científicos y tecnológicos. Algunas veces los medios de comunicación por la falta de preparación o por ingenuidad han actuado como portavoces de intereses políticos económicos y comerciales. Para la superación de estos problemas, los mediadores de la ciencia deberían buscar el escepticismo, sospechando de las informaciones que se reciben y desvelando intereses y compromisos subyacentes a las fuentes.

En segundo lugar, el **mito de la libertad de la información** asociada a los medios digitales de información también está bajo sospecha. Internet como un instrumento democrático para la diseminación de información, posible debido a la agilidad y bajos costes de publicación ha observado el surgimiento y desarrollo de mecanismos de control y censura, con el freno de acciones libertadoras, el impedimento del acceso a ambientes culturales, sociales y políticos abiertos, la invasión de la privacidad individual y la restricción a la libertad de expresión. Por otro lado, la globalización de la industria cultural, mediante los procesos de fusiones y adquisiciones en los grandes grupos empresariales de comunicación ha llevado al dominio de unas pocas empresas en los sistemas de telecomunicaciones y de información.

De esta manera, el periodismo científico que tiene como materia prima la innovación tecnológica y los descubrimientos en el campo de la ciencia y la tecnología, pasa a sufrir dependencia editorial, con el encuadramiento de la ética profesional dentro del panorama de racionalidad empresarial.

Por último, la **información descalificada**, con la aceleración de las noticias en detrimento de la precisión; precisión afectada por la incompetencia en la verificación de los hechos o maximizada intencionadamente por los propietarios y patrocinadores, con el objetivo de la manipulación de la opinión pública. A esta tendencia de aceleración se suman tendencias en la información periodística, con la segmentación / especialización excesiva, y la consecuente alienación de la información científica, retirada del espacio común, y canalización hacia segmentos especializados, convirtiéndose en información de impacto pero presentadas de forma descontextualizada en relación con el proceso de invención-descubrimiento-producción. Por último, también se observa la convivencia no pacífica entre la ciencia y otros saberes, como la religión y las creencias alternativas, originando una disputa entre el conocimiento científico y pseudocientífico, este último en forma de charlatanería, explicaciones fantasiosas o de una actitud francamente contraria a la ciencia (Bueno, 2000).

2.3.6. La comunicación de las controversias científicas y del riesgo

En las últimas décadas hemos asistido a un incremento de la cobertura en ciencia y tecnología centrada en los problemas sociales y conflictos ocasionados por su utilización, por lo general asociados a temas en que los resultados científicos se presentan de forma controvertida debido a la incertidumbre en el estatus del conocimiento científico.

La incertidumbre es una característica normal y necesaria de la ciencia, debido a que el conocimiento se construye sobre algo antes desconocido. Así, el trabajo científico no reduce la incertidumbre, sino que la construye activamente y la ciencia es a la vez un “generador de incertidumbres” y “productor de certezas”. La incertidumbre se utiliza en la identificación de problemas y lagunas en el cuerpo de conocimiento para la determinación de los problemas a resolver, ayudan a demostrar el carácter novedoso y la importancia de los reclamos sobre la verdad proferidos por el autor y marcan la pauta de exploración de áreas futuras de investigación, aludiendo a ramificaciones de los resultados o contribuciones futuras.

Por otro lado, la incertidumbre científica nunca se eliminará plenamente de la investigación, aunque su gestión se utiliza en contextos públicos para la obtención de determinados efectos, como por ejemplo aumentar la propia credibilidad a través de la construcción de incertidumbres alrededor de las reclamaciones de los opositores. Otro uso posible es para proporcionar una apariencia de objetividad, una protección contra posibles acusaciones de sesgos o de dogmas (Zehr, 1999).

Así, la incertidumbre se puede emplear como herramienta retórica para la persuasión, o descripción y organización del conocimiento, una característica esencial de la ciencia en la arena pública. Es un producto común de los mediadores de la ciencia y de la técnica: científicos y divulgadores, técnicos en gestión y política científica. Debido a esta característica, al contrario de la ciencia realizada en laboratorio, la ciencia en público incorpora múltiples voces y múltiples versiones del conocimiento, provocando reclamos divergentes.

Para los medios de comunicación, la creación de una “ventana de incertidumbre” es una oportunidad para la dramatización del proceso del descubrimiento científico, utilizándose para despertar la curiosidad científica (Zehr, 1999). De manera similar, las controversias científicas demuestran un potencial no solamente para llamar la atención y la curiosidad, sino también para potenciar el aprendizaje, a través de la promoción de la discusión interpersonal acerca de los temas (Friedman, Dunwoody, & Rogers, 1999). Por otro lado, las situaciones de controversia se podrían ver como una disminución de la autoridad percibida de los científicos como proveedores de conocimiento legítimo y definitivo, lo que deriva en una protección de la

imagen pública de la ciencia a través de la construcción de versiones más precisas del conocimiento para el consumo público.

Otros estudios evidencian el uso estratégico de la gestión de la incertidumbre, utilizada como soporte para sustentar determinada posición o para resaltar una actitud inquisitiva. Esta necesidad de la incertidumbre se acepta como un conocimiento autorizado en si mismo, sobre todo cuando se relaciona con las promesas de su eliminación según una escala de tiempo. Este cuadro temporal permite “domesticar” a la incertidumbre científica y no alterar el orden de relaciones entre la ciencia y el público general.

Los factores que pueden influir en la cobertura de las cuestiones controvertidas son las rutinas de trabajo de los medios de comunicación, la formación especializada de los periodistas, la necesidad de adecuar mensajes a determinadas audiencias y demandas organizativas como la presión de los anunciantes, los criterios derivados de la propiedad de los medios y la disolución de las barreras entre los aspectos editoriales y de negocio (*ver apartado anterior*). Estos últimos aspectos cobran especial relevancia en la cobertura de controversias, pues la precedencia en capturar audiencia y no alienar anunciantes o inversores, pueden hacer que se proporcione menos espacio a las consignas desfavorables a los intereses de negocio (Stocking, 1999).

En las cuestiones de controversia e incertidumbre científica, el uso excesivo de la jerga técnica y de detalles tiene como objetivo crear una ilusión de certeza por parte de los científicos. Además, la tendencia a depender de comunicados de prensa, comunicados de conferencias y otros tipos de información “empaquetada” y preseleccionada reduce las posibilidades de investigación escéptica, además adoptar el lenguaje y contenido propios del emisor de la información, creando una relación de dependencia y vulnerabilidad. Lo mismo ocurre cuando se busca de forma activa otras fuentes, como por ejemplo los científicos involucrados o expertos en el tema; en estos casos los periodistas no tienen manera de evaluar su fiabilidad y objetividad, frente al conocimiento especializado (Dunwoody, 1999).

Otro campo bastante relacionado con la comunicación pública de la ciencia y de la tecnología y con el periodismo científico es la comunicación del riesgo, un punto de encuentro entre el público y la ciencia. La especificación del riesgo es una tarea precisa y complicada, su evaluación puede variar considerablemente a través de distintos grupos de personas y su impacto social es complejo de prever o predecir. Además, el riesgo se expresa en probabilidades matemáticas, difíciles de ser comprendidas por el público y también por los profesionales de los medios de comunicación. Por otro lado, el ambiente cargado, característico de las situaciones de crisis, suele llevar a puntos de vista polarizados y a la adopción de medidas prácticas extremas, con la consecuente quiebra de la confianza entre las autoridades científicas y técnicas y el público al cual se supone que deben servir (Gregory & Miller, 1998).

Nelkin (1995) observa la existencia de patrones en la cobertura del riesgo, con la presencia de intereses en competición, de disputa sobre los datos y de enjuiciamientos conflictivos. Por otro lado, los medios de comunicación también establecen un encuadre (*framing*), con el poder de canalización de la atención e influencia en las políticas públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología o demandando la prestación de cuentas y justificación al público general, igualmente en áreas en que hay indiferencia por parte del público.

Los encuadres mediáticos proporcionan modos de análisis y de comprensión de la realidad, aportando una idea organizadora para la interpretación de determinados fenómenos y dirigiendo el pensamiento y la acción. Se trata de la organización de eventos individuales en entidades comprensibles con sus causas y consecuencias (McCombs & Shaw, 1972).

Välvirronen (1998) identifica cinco encuadres mediáticos distintos en el tratamiento de las controversias científica-tecnológicas por los medios de comunicación. El primero es la **divulgación**, con la presentación de resultados de estudios e investigaciones, y en el cual el científico es retratado desde un punto de vista neutral, presentando los resultados sin una posición específica de cómo los resultados se podrán utilizar. En el encuadre de **impacto social**, la producción de información trata de orientar a las personas en relación con el problema y con la interpretación de los hechos. El encuadre de **política científica** sitúa la cuestión dentro de un contexto más amplio, discutiendo causas y posibles soluciones. A su vez el encuadre de **legitimación de la ciencia** reafirma el estatus de la ciencia, con la demanda de más fondos para la financiación de la investigación y la prestación de cuentas públicas, en un proceso en el cual los medios toman el lugar tradicional de las agencias de financiación. Por último, menos frecuente pero no menos importante, el encuadre de **crítica de la ciencia**, asume o la perspectiva de refutar o de reinterpretar los resultados y criticar la validez de los métodos utilizados, sobre todo en el caso de la existencia de datos contradictorios por parte de un científico, o por parte de un periodista. Este encuadre también hace referencia a los intereses y trasfondos de los investigadores, en el sentido de que ambos van en contra de la noción de ciencia ideal en la cual los resultados científicos no se discuten fuera de la comunidad. En estos encuadres los científicos adoptan los papeles de divulgador, intérprete, consejero, promotor y crítico, respectivamente.

Pese a estas dificultades, los medios de comunicación de masas son el punto de contacto entre los expertos y el público lego en los tiempos de crisis. Su atracción reside en la posibilidad de que el riesgo acontezca y en el drama asociado. Sin embargo, para una cobertura eficiente, se necesita un protocolo ético de la comunicación del riesgo, pues son muchas las demandas de información sobre los científicos, periodistas y oficiales de relaciones públicas y sus respuestas pueden tener gran impacto sobre el público.

Por su parte, los científicos deben comunicar más que los datos “desnudos”, pero también, cómo se han obtenido, las causas, efectos e implicaciones del riesgo y qué intereses

están en juego. Los periodistas deben proporcionar al público la oportunidad de informarse más, buscando la verdad acerca de los hechos, considerando toda la información disponible y no ateniéndose a una única verdad (Gregory & Miller, 1998). En suma, la comunicación del riesgo debería ser un proceso social basado en la confianza mutua, que permita a la comunidad utilizar la información disponible públicamente para determinar los riesgos a que está expuesta y su implicación con tecnologías que puedan ofrecer riesgos.

2.3.7. Otras actividades de divulgación

Además del periodismo científico, entendido como la divulgación científica realizada en los medios de comunicación masiva con la atención puesta en la actualidad y del movimiento de los centros y museos de ciencia, la divulgación también se produce a través de otras iniciativas y actividades, como se ha observado en el *Cuadro 1*. Comentamos brevemente aquí algunos de estos formatos alternativos.

En cuanto a los promotores de estas actividades se destacan iniciativas de la propia comunidad científica, programas de información gubernamentales, actividades generadas por la industria y sectores productivos de la sociedad e iniciativas individuales realizadas por expertos y legos (Gregory & Miller, 1998).

La llamada museología científica, a través de los museos de la ciencia y de la técnica y de los centros interactivos de ciencia surge como un exponente fundamental de las actividades de comunicación pública de la ciencia. Los principios generales que condicionan este tipo de institución son priorizar aspectos contemporáneos de la ciencia, incentivar la participación de los visitantes, permitir el contacto directo con la exposición, realizar exposiciones vinculadas a proyectos educativos de la enseñanza formal y promover actividades educativas complementarias y eventos paralelos. Pese a una larga tradición, es a partir de los años sesenta cuando el actual movimiento de la museología científica gana fuerza, con los centros interactivos que proponen la creación de entornos en los cuales las personas puedan controlar y observar el comportamiento de aparatos interactivos, que estimulen su curiosidad y proporcionen algún nivel de comprensión de la ciencia, como lo manifestó Oppenheimer (1968), fundador del *Exploratorium* de San Francisco.

El museo, entendido como un medio de comunicación constituye, un medio distinto para la difusión de mensajes sobre la ciencia dada la interactividad y el sentido físico y afectivo que proporciona la visita. Por otro lado, también comparte muchos de los problemas de la divulgación y del periodismo científico, en la medida en que sus visitantes componen distintas

audiencias, con distintos conocimientos previos, para quienes la ciencia tiene la imagen del conocimiento inasequible y complejo. Esta dificultad requiere del museo habilidades especiales para que mensajes complejos se transmitan de forma clara y asequible (Durant, 1992). Por otro lado, se distinguen de otras iniciativas por que el museo surge como un espacio de discusión, un foro abierto, en el cual las cuestiones científicas se pondrán a disposición de la sociedad para el debate. Como tema central de este trabajo, a la museología científica está dedicado el *Capítulo 3* de este trabajo.

Otra modalidad, las denominadas *Public Awareness of Science Initiatives* - PASI (iniciativas de atención pública de la ciencia) engloban eventos como charlas, demostraciones, competiciones, exposiciones, jornadas de puertas abiertas y talleres. El estudio realizado por Edwards (2002) revela, por otro lado que pocos programas de concienciación pública se han evaluado sistemáticamente y producido informes. Para este autor, el objetivo de alcanzar un marco lo suficientemente maduro como para permitir negociación de éxito en las cuestiones entre la ciencia y la sociedad, dependerá de la capacidad de los programas en promover este marco, por lo cual también es necesario determinar su eficacia. Este tipo de iniciativa posee otros objetivos intrínsecos, además de promover la percepción pública de la ciencia, que se resumen en facilitar la creación de lazos de comunidad o el establecimiento de relaciones entre determinados grupos sociales.

En los informes evaluados, surge como patrón la utilización de declaraciones de éxito, de carácter cualitativo e inmediato, como respuesta individual a un evento en el momento de su realización; además se suelen utilizar estadísticas de asistencia como indicadores del éxito, aunque éstas se deberían considerar solamente como medidas parciales. Por último, se demandan estudios a largo plazo para contrarrestar la tendencia a situar el evento como una experiencia única, mientras se trata de una vivencia más dentro de un universo cumulativo de experiencias personales.

La cuestión fundamental subyacente a la evaluación es saber cómo los programas de percepción pública de la ciencia alcanzan sus objetivos. La evaluación, según Gascoigne y Metcalfe (2001) debe producirse desde el inicio, con la fijación de objetivos orientados según la regla SMART¹⁴: Simple, Mensurable, Alcanzable, Realista y Temporal. Así, los objetivos generales, o lo que se podría llamar la declaración de intenciones, deben complementarse con declaraciones operacionales especificando las acciones del programa en términos mensurables, en otras palabras, de indicadores, como pueden ser el número de estudiantes que concluyan carreras científicas o la cobertura de la ciencia y la tecnología en los medios de comunicación.

¹⁴ El acrónimo en inglés significa “inteligente”, “vivo”.

Otra consideración importante es la necesidad de considerar a los datos de base. Para detectarse un cambio es necesario saber el estado anterior, pues los cambios se miden frente a un valor previamente establecido. A partir de estas premisas, se propone un modelo simple de evaluación, en cinco pasos: la identificación de los objetivos, la identificación la audiencia que se pretende influenciar, la obtención de los datos de base e identificación del método más apropiado para evaluar los cambios, la realización de evaluaciones formativas con el objetivo de remodelar el proyecto durante su realización, aumentando su eficacia y por último, la realización de evaluación sumativa, una vez completado el proyecto. Aunque sea cara y compleja, la evaluación de programas debe atender a la necesidad de introducción de metodología científica en el trabajo de comunicación pública, buscando una mayor credibilidad de estos programas frente a la sociedad que los financia (Gascoigne & Metcalfe, 2001).

Según la perspectiva de que el modelo de diálogo surge como nueva tendencia dentro de la comunicación pública de la ciencia, se verifica el surgimiento de experiencias innovadoras, no usuales, en el campo de los eventos científicos, como pueden ser los festivales, ferias y semanas de la ciencia. Estos eventos suelen caracterizarse por su restringido período de duración y por involucrar a científicos como comunicadores. En este sentido, la *European Science Events Association* (EUSCEA) constituye una red que abarca veinte países europeos y está dedicada al intercambio de experiencias a través de fronteras culturales y nacionales, al desarrollo de nuevas ideas y de metodologías de evaluación, y por último, a la producción de guías para el desarrollo de eventos (Bohm, 2002).

Dentro de estas iniciativas, las ferias de ciencia consisten en exposiciones públicas de trabajos científicos y culturales realizados por alumnos, que efectúan demostraciones, explicaciones orales y contestan preguntas sobre los métodos utilizados y las condiciones de experimentación. Poseen, por lo tanto, un carácter dinámico. Sus objetivos son despertar en los alumnos el interés por las materias científicas; despertar el espíritu creativo a través de proyectos propios, desarrollar la capacidad de transmitir conocimientos aprendidos y soluciones a diversas personas y de diferentes niveles, de forma sintética; estrechar los vínculos entre la escuela y la comunidad; incentivar la aplicación del conocimiento formal en el abordaje de los problemas cotidianos; reflejar la situación de la enseñanza en las escuelas y promover la sociabilidad de los estudiantes (Ormastroni, 2000).

Por otro lado, las ferias de ciencia constituyen una representación viva de los problemas y de los aspectos locales de una comunidad, reflejando la relación con su cultura, con enfermedades predominantes en la región, con recursos de la flora y la fauna, además de la geografía, historia, geología y reservas energéticas. También son una forma de integración entre la escuela y la comunidad, movilizando a toda la población. En última instancia surgen como respuesta a la homogeneidad de la información introducida por los procesos de globalización.

También estimulan no solo los conocimientos científicos, sino también las habilidades manuales y de experimentación (“*hands-on*”), a través de la capacidad de trabajar con las manos fabricando equipos e instrumentos.

Un campo escasamente explorado como herramienta de divulgación científica es la literatura. Aunque durante mucho tiempo se ha identificado una dualidad entre las ciencias y las letras en la actualidad se observa un acercamiento, pues se trata de una

Dualidad que toma como muestra la existencia de *dos mundos diferentes*. En el de la literatura, se ama y se odia, se triunfa y se humilla, se alegra o se sufre, hay sosiego y desesperanza. En el de la *ciencia*, se fijan sus doctrinas y sus ideas a las concepciones del mundo por medio de un lenguaje que no es un simple utensilio neutral. *Mundos diferentes* que no por ello dejan de participar en una base común dentro de la historia cultural y social (Martín Municio, 2002).

De esta manera, el empleo del argumento de la ciencia en el género literario, insertando en el fenómeno narrativo los hechos y circunstancias de la ciencia, constituye un nuevo acercamiento a la comunicación pública de la ciencia. A su vez, la ciencia ficción va más allá de los hechos reales del momento, explorando las perspectivas imaginarias.

Para Caro (1997b), por ejemplo, la divulgación científica en la prensa y televisión no se trata de un ejercicio pedagógico, sino de uno literario; para su realización es necesario manejar temas de valor “romántico”, como las grandes metáforas y mitologías, los mitos de la creación y de los héroes.

El planteamiento de que la ciencia se puede aprender a través de narrativas de ficción se justifica por el hecho de que la información se retiene en la memoria por un período más largo de tiempo que con información factual solamente. A través de un estudio empírico Negrette-Yankelevich (1992) verificó que cuanto más central en el argumento es la información científica, mayor la probabilidad de retención. Las frases con sentido literario, las analogías y las ironías provocan respuestas emocionales en el lector; de forma que la información relacionada con estos recursos se recordará con más facilidad.

En el campo de la literatura, puede desempeñar un importante papel la historia de la ciencia. Si partimos desde una perspectiva internalista, la historia de la ciencia comparte las mismas dificultades técnicas para el acceso de los legos al conocimiento científico que la divulgación en general, debido al alto grado de exigencia técnica que se requiere del lector. Por otro lado, a partir de los aspectos externalistas –los procedimientos y mecanismos de la práctica científica, las biografías de científicos, la historia de instituciones científicas– la historia de la ciencia cumple con objetivos de divulgación.

Este objetivo se materializa a través de una función premeditada, la de contribuir a la historia de la ciencia como disciplina y de una función espontánea, la de difundir la ciencia en la

sociedad. Así, algunos clásicos de historia de la ciencia, “fueron aportaciones sobresalientes, si no revolucionarias, a la propia ciencia; objeto pues de la historia y no historia de la ciencia en ellas mismas. Pero con el paso del tiempo el estatus de estas obras se modifica, incorporándose al cuerpo establecido de conocimientos aceptados”. Ejemplo de estos tipos de obras son los *Diálogos sobre los dos sistemas del mundo el ptolemaico y el copernicano* (1632) de Galileo y *El origen de la especies* (1859) de Darwin. Por otro lado, hay libros de divulgación –derivados tanto de la necesidad de compartir el conocimiento científico como del deseo de adquisición de prestigio social por los científicos– que luego se tornan clásicos de la historia de la ciencia (Sánchez Ron, 2002).

Según Lewenstein (2001), los libros sobre ciencia, en sus distintas modalidades se pueden entender cómo “experiencias sociales compartidas, unas que a través de su uso crean un lazo común, un lazo que puede o no puede basarse en el contexto actual del texto. En algunos casos, los libros pueden servir a múltiples comunidades, atravesando límites de maneras complejas. Los libros sirven como memoria social, proporcionando puntos de contacto cultural con la comunidades que expresan sus normas e intereses comunes”.

Particularmente, la ciencia ficción surge como una “tercera vía”, alternativa a la comunicación primaria y secundaria, en la difusión de las ideas científicas (Barceló, 1998). Según una definición de Isaac Asimov, la ciencia ficción sería “la rama de la literatura que trata de la respuesta humana a los cambios en el de nivel de la ciencia y la tecnología”. En este sentido, más que las previsiones técnicas, la ciencia ficción tratará de las respuestas humanas a dichos cambios, promoviendo la reflexión sobre los impactos de la ciencia y de la tecnología en la sociedad. Sagan (1981), además de considerar el conocimiento científico como un punto de partida para la construcción de la ficción, transmitiendo “fragmentos, frases de conocimientos desconocidos o inaccesibles al lector”, su mayor significado para la humanidad se puede dar por la minimización del “choque del futuro”, en lo que relaciona con la exploración de destinos alternativos. Sin embargo, al mismo tiempo ve la ciencia ficción como recurso que puede “convertirse en interesantes experiencias educativas o en desastres”, según se programen.

Así, pese a un cierto potencial, la ciencia ficción no se trata de un sustituto de la educación de ciencias, pues la comunicación pública de la ciencia raramente es un objetivo en sí mismo, sino que el uso principal de la ciencia es alcanzar un estado de “suspensión de la incredulidad” (Lambourne, 1999). Por último, la ciencia ficción se puede entender como vehículo apropiado no solamente para la reflexión sobre los impactos de la ciencia y de la tecnología en la sociedad y para la enseñanza de conceptos científicos, sino también para el logro de una “meta-divulgación científica”, es decir divulgación y reflexión acerca de las propias cuestiones y métodos de la divulgación y del periodismo científico (Sabbatini, 2001).

Del mismo modo, el espectáculo teatral también puede ser formato de divulgación, con la posibilidad de dinamizar aquellos contenidos didácticos de carácter científico, histórico y filosófico, además de servir como soporte para un foro de debate entre la audiencia y el equipo de actuación. Se caracteriza por ser una forma lúdica y participativa y un espacio novedoso de cooperación entre artes y ciencias que facilita la integración de ambas en la construcción de un método pedagógico. Como actividad de soporte, permite que posteriormente se realicen actividades de desdoblamiento en los grupos escolares, como pueden ser la realización de disertaciones, dibujos u obras de teatro (Bruno, 2001).

La divulgación científica también asume un nuevo matiz como instrumento, con el advenimiento de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. El periodismo digital opera un cambio sobre las prácticas tradicionales del periodismo, con la alteración de las rutinas de selección, captación, tratamiento y transmisión de la información. Estos cambios producen efectos de naturaleza técnica, desde el acercamiento a la fuente hasta el soporte final de la información, pero también fomentan el surgimiento de cuestiones éticas vinculadas a la velocidad de la información, producción y edición de imágenes, a la estética y al intercambio de influencias entre los distintos medios (Gomes, 1999).

Otras tendencias en el periodismo digital son “*gatekeeping* mixto”, en el cual el “receptor selecciona los temas de la actualidad diaria que son de su interés, pero sigue siendo el periodista el que elabora la información” y la “multiedición”, con la posibilidad de actualización en tiempo real de la información, dada la ausencia de un medio físico que lo impida. En este nuevo entorno, el papel del periodista es actualizar, reflexionar, contextualizar la información para el consumidor, frente a la posibilidad de que este acceda directamente a las fuentes de información primaria o agencias de información (Luzón, 2000).

Desde el punto de vista de las ciencias de la comunicación, la publicación electrónica y la comunicación mediatizada por ordenador (CMC) aplicadas a la divulgación de la ciencia, tendrían grandes impactos sobre los modos en que la información es transmitida y recibida, y de los cuales destacamos dos aspectos básicos. Por un lado, la publicación electrónica, como medio de comunicación, se caracterizaría por el uso extensivo de recursos multimedia y por un espacio informacional casi ilimitado y al mismo tiempo interconectado con otros recursos de información a través del hipertexto, lo que también supone la quiebra de la linealidad.

Por otro, el de la recepción de la comunicación, Internet permitiría la creación de comunidades virtuales, como por ejemplo los grupos de soporte basados en herramientas electrónicas de interacción y socialización, y la consecuente posibilidad de comunicación dialógica entre receptores y emisores. Estas dos características combinadas llevarían a un nuevo modelo de comunicación, donde la información no es solamente complementada de diversas maneras, sino que, manejada y gestionada por el propio receptor/usuario, estableciendo nuevos patrones de

asimilación y comprensión. Las características descritas son también inherentes y exclusivas al medio electrónico y poseen un carácter extremadamente innovador, imposible de lograrse en los medios tradicionales. Por este motivo, consideramos de mayor importancia investigar no sólo los riesgos y dificultades sino, sobre todo, las promesas y posibilidades de las nuevas tecnologías de comunicación aplicadas a la divulgación científica (Sabbatini, 1999).

Además, la multimedialidad, con la integración de texto, imágenes, vídeo, sonido, bases de de datos y programas ejecutables surge como “una nueva retórica, una nueva manera de presentar y organizar la información” (Díaz Noci, 1997). Cabe destacar, entretanto, que la interactividad prometida por los nuevos medios es una categoría psicológica y no simplemente tecnológica. En este sentido el multimedia debe entenderse como un medio y no como un fin en si mismo. La combinación de medios se justifica solamente a partir del momento en que se utiliza para transmitir un mensaje de forma más relevante, si comparada con otros medios y sigue el razonamiento de que cada canal informativo debe utilizarse para maximizar la transferencia de información y minimizar el esfuerzo cognitivo (Casacubierta, 2002).

Por otro lado, el estado de la cuestión en la investigación de sistemas de hipertexto indica que estos presentan menor legibilidad, reducen el confort de lectura y exigen un buen conocimiento de la estructura del texto para permitir la navegación eficaz. Por otro lado se detectan efectos contradictorios, con la toma de control del proceso cognitivo frente a la sensación de desorientación en “ciberespacio”.

En la actualidad, no existen datos sobre la eficacia de Internet en relación con los medios impresos en la comunicación de la ciencia. Pese a las posibilidades que proporciona en cuanto medio, como por ejemplo el suministro de material de contextualización y de fuentes de información adicionales, el uso de multimedia y el establecimiento de canales de diálogo con el público, la investigación teórica indaga si se producen cambios en los procesos de comprensión con el cambio del medio y particularmente si el uso de los recursos electrónicos puede influenciar la percepción de los argumentos científicos (Macedo-Rouet, Rouet, Fayard, & Epstein, 2002).

La calidad de la información disponible, debido a la ausencia de controles de certificación de calidad y a la facilidad y ausencia de costes de publicación, puede variar considerablemente, sobre todo en temas delicados como la ciencia y la tecnología. Según la declaración final de la Conferencia Mundial de la Periodistas Científicos, realizada en Budapest, se “avisa que mientras Internet y la World Wide Web mejoran la comunicación, la información provista debe –como cualquier otra fuente– monitorizarse constantemente para asegurar su precisión, objetividad e integridad” (VV.AA., 1999a).

2.4. La participación del público en controversias científico-tecnológicas

El carácter y la calidad de vida en nuestra sociedad tecnológica se encuentran moldeados por tres grandes fuerzas: la ciencia, la tecnología y la democracia. La relación entre la democracia y la ciencia es menos directa y menos obvia que la relación entre ciencia y aplicación tecnológica, pero a largo plazo, para que los avances en ciencia y tecnología se produzcan de una manera continuada se necesitará de una participación amplia de los ciudadanos.

Esta participación ciudadana se debería reflejar en el establecimiento de objetivos para la ciencia, en la determinación de la cantidad y distribución de su soporte público y en el establecimiento de políticas para la conducta de la ciencia y el uso de la tecnología¹⁵. Por otro lado, la relación inversa también se produce, pues ciencia y tecnología contribuyen a la realización de la democracia, por ejemplo a través de la provisión de una base de conocimiento que permita la participación social efectiva, más allá del dominio de una pequeña minoría. De forma que el avance científico y el desarrollo de la tecnología y la realización de la democracia se soportan mutuamente, si se cumple la condición de que los ciudadanos sean adecuadamente educados y se providencie acceso al mundo de la ciencia. De esta manera:

(...), aunque la creciente sensibilidad social sobre temas relacionados con la tecnología y el ambiente en los países desarrollados ha tenido un indudable eco político, las respuestas de la administración a problemas de este tipo siguen en gran medida basadas en una gestión tecnocrática que ignora la percepción pública. Es la otra cara de la moneda de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea. Mientras la percepción pública ambivalente continúa siendo alimentada por corrientes de opinión cada vez más radicales, los estilos de gobierno siguen anclados en una venerable tradición tecnocrática, una tradición incapaz de crear cauces participativos que contribuyan a la focalización de la controversia social hacia el debate constructivo y abierto más bien que hacia el mero enfrentamiento (...). Llegamos así a una de las paradojas de nuestro tiempo. Por un lado, reconocemos la complejidad e importancia del impacto social y ambiental de la ciencia-tecnología, donde el desarrollo de políticas científico-tecnológicas adecuadas se ha convertido en un asunto de interés público de primera magnitud. Sin embargo, en una democracia, el gran público continúa sin capacidad decisoria sobre uno de los principales agentes de cambio social: la ciencia-tecnología. Si los ciudadanos están mal informados para manifestar su opinión y ejercer su derecho a decidir sobre la clase de mundo que quieren, la solución, en una democracia, no es dejar la gestión del cambio científico-tecnológico en las manos exclusivas de expertos sino informar mejor a los ciudadanos, crear instrumentos evaluativos sensibles a la participación pública y, por supuesto, articular cauces institucionales para que los ciudadanos puedan expresar su voluntad. Como legos, por supuesto, los ciudadanos podemos equivocarnos, al menos desde el punto de vista de los expertos. Pero enanejar nuestro derecho a cometer errores es renunciar a buena parte de la libertad de elegir (González García *et al.*, 1996).

Sin embargo, pese a la afirmación de que comprensión de la ciencia y la tecnología son necesarias para una “ciudadanía informada” y del ejercicio del derecho democrático individual, este argumento carece de atractivo lógico y psicológico si tenemos en cuenta que la ciudadanía es un concepto ambiguo. La justificación también implica la transferencia de

¹⁵ Según Quintanilla (2002), “se trata de poder participar no solo en las decisiones acerca de qué debemos hacer a partir de las posibilidades que nos ofrece la tecnología disponible, sino también en las decisiones acerca de **qué queremos poder hacer en el futuro** gracias a las tecnologías que podemos desarrollar”.

responsabilidades, desde el Estado hacia el individuo, y sufre del hecho de que la política es algo remoto para el ciudadano normal (Cossons, 1996).

Irwin (2001) introduce el concepto de “ciudadanía científica”, de una participación pública que auxilie más que impida el desarrollo científico-tecnológico. Sin embargo, también detecta la necesidad de moverse desde un discurso que postule la necesidad de la democracia científica hacia formas posibles de esta democracia y su implicación con el público.

Dahinden (2001) aboga que la razón por la falta de soporte a la ciencia es la limitada existencia de opciones de participación dentro del proceso de desarrollo de la ciencia y la tecnología. El público, más que ser informado, debería integrarse dentro del desarrollo de las políticas científico-tecnológicas.

Por tener una definición,

Una controversia es una movilización social de medios comunicativos y otras microinstituciones que deliberan, evalúan y contrastan las posibilidades tecnológicas que introduce una innovación, los riesgos, los costos, quiénes los van a pagar, y las consecuencias indeseables (...) Las controversias terminan cuando se alcanza un consenso estable, lo que no implica necesariamente la resolución del conflicto, pues cabe que el consenso consista en la necesidad de dejar a un lado la cuestión controvertida (Broncano, 2000).

Para Broncano (2000), las controversias son “largos procesos en los que se genera una forma de *equilibrio reflexivo*” y que involucra nuevas formas de establecer las relaciones entre la tecnología y la sociedad, como “dilemas de acción colectiva”. Son oportunidades de promover la discusión y la toma colectiva de decisiones, sirviendo de forma de aprendizaje para toda la sociedad.

¿Pero cómo se presenta, en la actualidad, el conocimiento real acerca de la participación pública en cuestiones científicas?

La participación pública en las cuestiones científico-tecnológicas puede desarrollarse en un varios niveles, desde la recepción de la información científica y técnica sobre determinado asunto, hasta una participación más activa en la que el público comprender los riesgos y beneficios asociados a las tecnologías, con muchos ejemplos específicos de implicación pública (Lane, 2000).

Empezando por la concepción de público, los tipos involucrados en cuestiones científicas y tecnológicas se pueden distinguir entre los ciudadanos directamente afectados y que no pueden evitar el riesgo o impacto asociado a la cuestión y el público involucrado, que son los receptores directos de servicios profesionales o instalaciones tecnológicas; el público interesado constituido por aquellas personas concienciadas acerca de problemas tecnológicos debido a principios morales o ideológicos y la comunidad científica y técnica.

En relación con la tipología de las acciones participativas, se pueden distinguir propuestas innovadoras que involucran directamente a la sociedad. El primer tipo sería la audiencia pública, foros abiertos y poco estructurados, en los cuales los miembros representativos del público escuchan propuestas y las comentan. Más que una acción en sí misma, suele ser parte de programas de participación más amplios. Por otro lado, la gestión negociada consiste en un comité negociador, compuesto por miembros de la administración y de los grupos de interés, que son las que tienen acceso a la información relevante para la cuestión y la posibilidad de persuadir al grupo, con la obligación de asumir el consenso alcanzado. Los paneles de ciudadanos adoptan un modelo de jurado, con carácter de decisión o consulta. Algunos ciudadanos elegidos se reúnen para considerar un tema en el cual no son especialistas, realizando una discusión de alternativas y proporcionando al final del proceso recomendaciones a los órganos oficiales. Los sondeos de opinión, en último lugar, tienen el objetivo de proporcionar un relato de la percepción pública sobre determinado tema para que pueda ser tenido en cuenta por el poder político (López Cerezo *et al.*, 1998).

Otros tipos de participación son los “*science shops*”, o boutiques de ciencia, a partir de la experiencia de la Universidad de Utrecht en Holanda, como mecanismo de democratización de la ciencia. Los “*science shops*” atienden a la finalidad de proporcionar información técnica a los miembros de la comunidad que a ella se dirijan y fomentar la investigación socialmente relevante (González García *et al.*, 1996). Por otro lado, proporcionan a los científicos temas de investigación desafiantes y experiencia únicas de aprendizaje-investigación. La metodología de los “*science shops*” es adaptable a diferentes entornos culturales, científicos y sociopolíticos de forma que coexistan diferentes modelos operacionales (Mulder, 2001). Más recientemente una nueva forma de participación pública asume la forma de asociación entre estudiantes y científicos en proyectos de investigación colaborativa (*ver 4.1.2.1*).

Un factor importante en el análisis de la atención pública a la política científica es la competencia por el tiempo y la energía dedicados a cuestiones de política pública por parte de los ciudadanos y otros temas o actividades desarrollados por ellos. Así, los temas científicos y tecnológicos compiten por una porción del interés público, lo mismo que ante eventos internacionales dramáticos

El alto nivel de interés por determinado asunto es un prerrequisito para la participación ciudadana, pero no es condición suficiente; también es necesario que las personas estén bien informadas y que sean consumidoras de información. Si se atienden estas pautas, es más probable que estas personas tomen una decisión de voto basada en el tema en cuestión, que escriban a un legislador o a un político o que se involucren en reuniones en búsqueda de una política que solucione el problema. La existencia de un patrón de adquisición regular de

información junto con el grado de interés, en suma un proceso de especialización, define al público atento.

Según la propuesta de Almond (1950) sobre la participación pública en los procesos democráticos, y adaptada por Miller (2000a) al caso de la ciencia y la tecnología, los tipos posibles de participación pública en los procesos de formulación de políticas siguen un modelo estratificado, en forma de pirámide. En el vértice, el grupo más influyente y menos numeroso está consistido por los **“hacedores de política”**, es decir, por los elementos de los poderes ejecutivo, legislativo y judicial involucrados en la formulación y realización de las políticas científicas. En el segundo plano estarían los **grupos de interés**, representados por los líderes políticos no vinculados al gobierno, los científicos prominentes, los líderes de corporaciones e industrias, las sociedades científicas y profesionales y los líderes universitarios. En las situaciones donde existe un consenso, el diálogo es continuo dentro de la relación entre grupos de interés y representación política y se producen movimientos de un nivel a otro de la pirámide, con la realización de la política científica, sin una participación ciudadana directa.

Sin embargo, cuando hay discrepancias entre estos dos grupos se puede apelar al público atento para que este se una al proceso político, por ejemplo intentando de influenciar a los “hacedores de política” mediante el contacto directo o la persuasión. En las cuestiones de controversia necesariamente debe prevalecer un lado, para el establecimiento de la política, aunque no haya un mecanismo predefinido para establecer el cierre de la cuestión. Para que pueda participar, es necesario que el público atento posea un nivel de alfabetización científica adecuado. El proceso de resolución de controversias depende de esta capacidad del público y de la habilidad de los líderes políticos de movilizar la influencia del público atento, motivo por el cual los bajos niveles de alfabetización científica actúan como barreras en ambas situaciones, exigiendo estrategias a corto y largo plazo. En ocasiones más raras, los grupos en conflicto también pueden apelar al electorado, a través de referendos, buscando obtener vetos que no se lograrían mediante el proceso legislativo común.

Por lo tanto, el siguiente nivel se compone por el **público atento**. Su participación es indirecta, por ejemplo, a través del flujo paralelo de información, a partir de los líderes de los grupos de interés hacia el público atento y a través de las organizaciones profesionales y de los periódicos especializados. Un nivel por debajo en el estrato se encuentra el **público interesado**, dotado de un alto nivel de interés sobre determinado tema, pero que no se considera bien informado, y que deriva hacia una menor probabilidad de participación activa. Sin embargo, durante los procesos de controversia aumenta la posibilidad de que el público interesado asuma las actitudes de un público atento. Por último, la base de la pirámide se encuentra formada por el **público no atento** o **residual**, caracterizado por su bajo nivel de interés y conocimiento sobre determinado tema. Por otro lado, es exactamente este grupo el que tiene el poder de veto

político, a medida que aumenta su insatisfacción con determinadas políticas desarrolladas en lo alto de la pirámide. Como observación, no se debería igualar la falta de atención a ignorancia o ausencia de actividad intelectual, pues este mismo público puede ser atento a otras cuestiones.

Pese a que este proceso pueda parecer excesivamente lejano a lo que se concibe como una participación democrática, la selección de líderes políticos dentro de las comunidades educativas y científicas son un proceso democrático en sí mismo. Otro punto a resaltar es que la especialización tiene un carácter pluralista y permite que los individuos elijan los temas de su interés para dedicación tiempo y esfuerzo. Por último, cualquier política adoptada a través de estos canales no electorales puede contestarse en futuras elecciones o referendos.

De estos modelos, se han comentado bastante las conferencias de consenso, que basándose en supuesto de que la dinámica entre la diversidad y el consenso es lo que genera la “sabiduría”. Por un lado la diversidad trae consigo una amplitud de perspectivas; por otro la profundidad deviene de la necesidad de que las personas profundicen para encontrar el punto común subyacente a diferencias y que es necesario para que se alcance un acuerdo. Es la transformación del disenso en consenso, mediante entrevistas con expertos que cubran todo el espectro de opiniones, el que proporciona el carácter de creatividad de este tipo de acción. La declaración final del consenso, con la recomendación de un curso de acción se queda disponible para las autoridades apropiadas, así como para a población a larga a quien el comité está representando, generalmente a través de los medios de comunicación.

Los tópicos adecuados son aquellos que involucran una cuestión científica o tecnológica íntegra o parcialmente no resuelta, o que sea de interés social y político. El informe del consenso busca una visión integrada de las diversas visiones y valores sociales, así como de las opiniones de grupos de expertos. Este tipo de experiencia tiene sus orígenes en Estados Unidos a través de las iniciativas del *Loka Institute* en Dinamarca a través del *Danish Board of Technology* (DBT). Aunque el término se origina en Estados Unidos, cuando en los setenta los National Institutes of Health (NIH) organizan paneles de expertos para la evaluación profesional de tecnologías. A su vez, los daneses han avanzado un paso más al incluir a los legos como principales actores dentro de los paneles.

En este modelo, la participación de los ciudadanos se da a través de la evaluación participativa de tecnologías en oposición a la implicación de los expertos solamente, en lo que se podría denominar “democracia deliberativa”. Su premisa es que la predominancia del conocimiento técnico como factor decisivo en las cuestiones políticas no se acomoda a valores sociales y preocupaciones más amplias, llevando al cuestionamiento de la base democrática de estas decisiones, y consecuentemente de su legitimidad. Este cambio de valores también se refleja en una preocupación social hacia calidad de vida, en contraposición al beneficio económico puro, con el acceso a los foros de decisión pública (Einsiedel, Jelsøe, & Breck, 2001).

Por otro lado el éxito de una conferencia de consenso no debe medirse sólo en función del impacto sobre las instituciones formales y las decisiones políticas, sino que la existencia misma de un diálogo constructivo ayuda en la construcción de puentes entre la comunidad científica y el público. Entre los criterios de éxito se pueden destacar la atención dedicada por el público general y de los partidos interesados (Joss & Durant, 1995).

En la adopción de estos instrumentos surgen cuestiones empíricas, por ejemplo la determinación de los requisitos prácticos, de cómo alcanzar un diálogo equitativo con la igualdad de los participantes, de cómo documentar y evaluar el proceso con el objetivo de producir un conocimiento comparativo y acumulativo y de qué procedimientos son más adecuados para distintos tipos de cuestión, según la complejidad y nivel de conflicto (Dahinden, 2001). Las conferencias de consenso constituyen uno, entre varios métodos “más o menos experimentales” para la construcción del diálogo entre expertos y el público lego. Sin embargo, su utilidad en la práctica dependerá de factores como la buena disposición de las instituciones oficiales en participar y su apertura a contribuciones participativas (Joss & Durant, 1995).

Einsiedel y colaboradores (2001) cuestionan las conferencias de consenso en cuanto a su eficacia, particularmente teniendo en cuenta su aplicación a distintos contextos culturales. A través de un análisis comparativo de los resultados de conferencias de consenso realizadas en Dinamarca, Canadá y Australia, con el enfoque puesto en los informes finales de las comisiones y con la consideración de un contexto más amplio y de la organización en las cuales se han realizado, han llegado a la conclusión de que el modelo se adapta bien a otros contextos. Cabe resaltar que en este estudio particular, todos los países tenían en común la industrialización y la incorporación de la ciencia y la tecnología a todos los aspectos de la vida cotidiana¹⁶.

Como se ha comentado, los museos y centros interactivos de ciencia también desempeñan un importante papel, tanto en la comunicación como en la participación pública en la ciencia y la tecnología, motivo por el cual analizaremos estas instituciones en el capítulo siguiente.

¹⁶ Este mismo cuestionamiento se podría hacer en relación con los países iberoamericanos, que poseen niveles de educación, cultura científica y desarrollo, además de características socioculturales, muy distintas a la de los países donde se han originado estas experiencias.

Capítulo 3 – Museos y centros de ciencia interactivos

En este capítulo profundizamos en el concepto de los museos y centros interactivos de ciencias, entendidos como un importante componente de los procesos de comunicación pública de la ciencia. A partir de su definición, y de las múltiples concepciones del papel del museo en la cultura moderna, se analizará la relación entre los museos y los centros de ciencia, así como el desarrollo histórico de los mismos. A continuación, se discuten las principales cuestiones relacionadas con la museología científica moderna, lo que nos llevará a reflexionar acerca del papel educativo de estas instituciones.

3.1. El museo: conceptualización y tipología

Uno de los conceptos básicos en la discusión acerca de los museos científicos y centros de ciencia virtuales reside en la propia concepción del museo¹. Según Postman (1992), los museos intentarían responder a la pregunta “¿Qué significa ser humano?”, en la medida que permiten la exploración de las relaciones entre lo que hacemos como individuos y el resto del entorno cultural y natural. Sin embargo, la definición clásica de museo es proporcionada por el *International Council of Museums (ICOM)*, la organización no gubernamental internacional fundada en 1946 bajo el patrocinio de la UNESCO. En el artículo 2 de sus estatutos dice:

Un museo es una institución permanente, sin fines lucrativos, al servicio de la sociedad y de su desarrollo, abierta al público, que adquiere, conserva, investiga, comunica y exhibe, con fines de estudio, de educación y de delectación, evidencias materiales de la humanidad y de su entorno

- a. La anterior definición de museo se aplicará sin ninguna limitación derivada de la naturaleza de sus órganos rectores, su carácter territorial, su estructura funcional o la orientación de las colecciones de la institución implicada.
- b. En adición a las instituciones designadas como “museos”, las siguientes deben ser entendidas como museos a los efectos de esta definición:
 - i. Los yacimientos y monumentos arqueológicos, etnográficos y naturales y los yacimientos y monumentos históricos que tengan la naturaleza de museo para sus actividades de adquisición, de conservación y de comunicación.
 - ii. Las instituciones que presenten especímenes vivos de plantas y animales, tales como los jardines botánicos y zoológicos, acuarios y viveros.
 - iii. Los centros científicos y los planetarios.

¹ La palabra museo (del latín *museum*, originaria a su vez del término griego *mouseion*, o “casa de las musas” ha tenido a lo largo de la historia distintas acepciones y significados. La primera vez se utilizó para describir el Museo de Alejandría, un complejo que incluía un observatorio astronómico, un jardín botánico, una colección zoológica, un anfiteatro, salas de trabajo y principalmente la Biblioteca de Alejandría. Su nombre provenía del Mouseion, un templo ubicado en Atenas, dedicado a las nueve musas inspiradoras de la mitología griega, hijas de Zeus: Clío, Euterpe, Talía, Melpómene, Terpsícore, Erato, Polimnia, Urania y Caliope (Alonso Fernández, 1993).

- iv. Los institutos de conservación y galerías de exposición dependientes de bibliotecas y centros de archivos.
- v. Reservas naturales.
- vi. Organizaciones museológicas de carácter internacional, nacional, regional o local; ministerios, departamentos o agencias públicas responsables de museos, en el sentido recogido en este artículo.
- vii. Instituciones sin ánimo de lucro u organizaciones que realizan investigación, educación, capacitación, documentación y otras actividades relacionadas con los museos y la museología.
- viii. Cualquier otra institución que el consejo ejecutivo, oído el comité consultivo, considere que tiene alguna de las características de un museo o de apoyo a los museos y sus trabajadores, a través de la investigación, la educación o la formación museológica.

Esta definición recoge las sucesivas aportaciones al concepto del museo, desde 1946 hasta 1995, cuando se produce la última enmienda. Según nota Ten (1999), “la definición del ICOM ha ido tapando agujeros. Ha ido introduciendo nuevos modelos institucionales a medida que estos aparecían en la realidad, pero conservando un núcleo tradicional en el que la idea histórica del museo como almacén de objetos preciosos, pervive intocada”. Además, muchos de los criterios de delimitación utilizados en la definición son peculiaridades propias de tipos de museo que han aparecido a lo largo del tiempo y que son “accesorias y su ausencia en determinadas instituciones en nada influye sobre su caracterización como museos”. De la misma manera, “la definición admite explicaciones, interpretaciones y precisiones que la adecuen a las realidades diferentes (...) pero estas mismas explicaciones no harían sino acumular nuevas cláusulas *ad-hoc*”.

Así, una definición de museo debería centrarse en las características esenciales de los museos, es decir, la comunicación, la educación y su concepto de temporalidad traducido en una “vocación de permanencia” de sus contenidos:

Un museo es un espacio público, real o virtual, de comunicación, con vocación de permanencia y dotado de un proyecto de educación no formal (Ten, 1999).

En esta definición, por lo tanto, destaca el objetivo del museo de comunicar con una intencionalidad, de transmitir informaciones y proporcionar sensaciones a sus visitantes. A su vez, el carácter educativo del museo se ve justificado por la “naturaleza no formal del proyecto educativo, sus objetivos asociados y los medios diseñados para alcanzarlos, la que transforma el espacio en museo, en el marco de una sociedad de época determinada”.

En cambio, Teather (1998) matiza que el concepto de museo se encuentra intrínsecamente relacionado con tres conceptos: el objeto, el significado y la persona. Es por la interrelación entre ellos que el museo existe, lo que también supone “aceptar la ambigüedad de la

definición del museo como una forma humana y social que posee su propia permanencia y longevidad, que es inherente a todas las cosas, ideas y personas y sus interrelaciones”.

El primer concepto, el de objeto, es quizás el más asociado con el de museo, una vez que se relaciona con su propia evolución histórica. En este sentido, Burcaw (1975) señala que “un museo puede ser definido como una institución sin ánimo de lucro que colecciona, preserva y enseña objetos con fines educativos o estéticos”, de forma que la definición estaría estrictamente vinculada al objeto físico”.

El segundo concepto, el de significado, se encuentra relacionado con la información y con la idea de que los objetos poseen valor por la información intrínseca en ellos, más que por su valor material. Según Macdonald y Silverstone (1992) “todos los museos están, en su nivel más fundamental, involucrados con la información: con su generación, perpetuación, organización y diseminación”. En los estudios museológicos el debate entre objetos e ideas, como elementos centrales del museo empieza con el debate clásico entre Gilman y Goode, retomado en la década de los sesenta (*ver* 5.4.2.) y que gana una nueva dimensión en la actualidad, con la discusión de los museos virtuales. Esta concepción implica la transformación del museo de repositorio o receptáculo pasivo en recurso de información:

Los museos (...) se encuentran primariamente en el negocio de la diseminación de la información más que de artefactos. La ventaja de pensar en términos de información es que ella valida el conjunto de bienes intangibles, como relatos orales así como al os artefactos reales; sitúa al museo en una posición clave en la era de la información; facilita la integración de las funciones tradicionales de colección, preservación, investigación y exhibición con las nuevas consignas educación y comunicación (Bearman, 1995).

Una ventaja de la orientación hacia la información es que este enfoque haría más fácil balancear las funciones tradicionales del museo de forma que este alcanzaría un carácter más cohesivo e integrado (MacDonald & Alsford, 1991).

El tercero de estos conceptos, aquél relacionado con las personas, se conecta con el hecho de que éstas el centro de la experiencia museística, los receptores de los significados que se están transmitiendo en la experiencia de la visita. De esta manera, se podría decir que son las personas las que dan sentido a la existencia del museo y que disfrutan de sus actividades de investigación, inspiración, educación o entretenimiento. Esta línea de pensamiento cobra importancia en la actualidad, con la introducción de la cuestión de los museos virtuales, pues está profundamente relacionada con la concepción de éstos últimos.

Así, la introducción del museo virtual debería tener en cuenta cuál es la experiencia del museo que se quiere trasladar a la Web. Según Teather (1998), más que el fetichismo en el objeto, que la transferencia de datos e información, más que la misión de establecer relaciones públicas y oportunidades de comercialización, la experiencia del museo debería ser la de

construcción de significado basado en la experiencia de los visitantes. De forma que la concepción tradicional del museo como repositorio de objetos físicos queda desplazada en la discusión. Aún más, en el caso de los museos científicos y centros de ciencia (*ver* 3.2):

Es difícil incluir un modelo de museo basado en la experiencia o en conceptos, como en el caso de centros de ciencia, centros interpretativos o centros de arte, donde la experiencia de la electricidad, o de la naturaleza o del arte se torna el componente de la experiencia del museo (Teather, 1998).

Esta concepción del museo como medio de comunicación deriva en parte de la necesidad de autoconciencia del museo proclamada por la nueva museología, pero también implica que hay algo distintivo en la mediación del mundo por el museo; una distinción que tendrá consecuencias para la comprensión de la importancia del museo dentro de la sociedad. En comparación con otros medios de comunicación contemporáneos, los museos entretienen e informan; narran historias y construyen argumentos, definen, conscientemente o inconscientemente, una agenda, ofreciendo una visión ideológica del mundo y “traducen”, o mejor, reconstruyen lo no familiar y lo inasequible. Por otro lado, las diferencias se concentran en el hecho de que los museos ocupan un espacio físico, contienen objetos, fomentan la interactividad por parte del visitante y disponen de un carácter de permanencia no encontrada en los otros medios (Silverstone, 1992).

Otra visión es la fenomenológica y presenta el museo definido en términos abstractos, como una idea o proceso humano que puede asumir una gran diversidad de formas y constituiría una “forma dinámica, compleja y variable de empresa, una entidad que ha mostrado a lo largo del tiempo calidades adaptables en la medida en que se transforma en nuevos desarrollos de la sociedad. Consecuentemente el museo con la Web sería una adaptación más del fenómeno de coleccionar y enseñar, que ha sido característica de la civilización durante muchos, muchos siglos y por lo tanto también se puede analizar con ideas y herramientas museológicas” (Teather, 1998).

Esta última concepción se encuentra relacionada con el movimiento de la “nueva museología”, que coincide con la llamada “revolución romántica” de 1968, que abogó por una visión del museo como un lugar relacionado con los contextos sociales, económicos o políticos, con una mayor relevancia y significado para la comunidad y los individuos a los que representa, utilizando para esto “un nuevo lenguaje y expresión, y de una mayor apertura, dinamicidad y participación sociocultural” (Alonso Fernández, 1993). Las críticas de la nueva museología se centraban sobretudo en el argumento de que los museos serían instituciones hegemónicas, de dominación cultural. La sociedad, a su vez, hacía reclamos sobre el conocimiento y sobre los sistemas de representación. Esta crisis ha servido como motivación para la renovación y

revitalización de los museos, con el surgimiento de nuevos museos, innovadores y heterodoxos, como son los museos y centros de ciencia interactivos.

Particularmente, este discurso sobre museología se alinea de forma coherente con las interpretaciones constructivistas del museo, representadas en el área de la educación en los museos y de la naturaleza de la experiencia museística por los trabajos de Hein (1998) y Falk y Dierking (1992) (*ver 5.2.*), y posiblemente con la utilización de la Web. De forma que los valores y actitudes que acompañan la sociedad de información permitirían al museo realizar su potencial de educación de una manera nunca antes vista.

3.2. Conceptualización de los museos y centros de ciencia

Según la definición del ICOM, los museos y centros de ciencia se corresponderían al punto “*iii*” de su definición, “Los centros científicos y los planetarios”:

Englobamos en esta tipología a todas las materias que han obtenido resultados “científicos” mediante unos conocimientos ordenados, sistematizados y basados en hechos ciertos y concretos. (...) Los museos de Ciencia tienen un origen tan lejano como los de arte, puesto que científicos eran aquellos gabinetes renacentistas y manieristas destinados a ilustrar piezas y fenómenos de las ciencias naturales, zoológicas y mineralógicas. (León, 1998).

Esta clasificación genérica de museos de ciencia se podría subdividir en:

1º Los museos de Ciencias Naturales acogen piezas, restos y objetos que suministran la Botánica (la flora), la Zoología (fauna terrestre y marítima; parques zoológicos, acuario (*sic*)...), la Mineralogía, Petrología, Geología, Paleontología (vertebrados e invertebrados).

2º Los museos de Ciencias Físicas ilustran las propiedades de los cuerpos, la naturaleza de los agentes naturales, los fenómenos y comportamientos que les caracterizan.

3º Los museos de Ciencias Químicas recogen objetos modificados en su naturaleza primigenia y los métodos que operan las interrelaciones y cambios entre ellos.

4º Los museos de instrumentos científicos, ya afecten a la materia científica en general o una rama concreta de ella. También pueden ampliarse estas categorías a museos mixtos que reúnan materiales procedentes de diversas clases expuestas, ciertas actividades de la Tecnología, intermediarias entre los datos científicos y su aplicación concreta. (León, 1998)

Los museos de ciencias naturales figuran entre los pioneros en el ámbito científico y son “herederos lejanos, como los otros museos, de los antiguos gabinetes de curiosidades, tienen una gran importancia para las numerosas disciplinas a que se dedican: geología, mineralogía, botánica, zoología, antropología, física, paleontología, ecología, etc.” (Rivière, 1961), destacando el *Musée d'Histoire Naturelle* a finales del siglo XVIII y el *British Museum*, fundado en 1753.

Otro tipo de museo de ciencia sería aquél dedicado a las ciencias aplicadas y a la técnica, “representativos de la civilización industrial; abarcan todas las técnicas y dentro de las ciencias, conceden la preferencia a las matemáticas, la astronomía, la física y la biología” (Rivière, 1961) y tienen como objetivo mostrar las innovaciones en el campo de las ciencias y de las técnicas, relacionándolas con su contexto histórico y sociocultural y con la ciencia básica. Uno de sus aspectos característicos es la utilización de prototipos o modelos, en combinación con piezas originales u objetos concretos, para exponer la evolución y el desarrollo de la civilización industrial y de sus valores socioculturales. El paradigma de este tipo de museo es el *Deutsche Museum*, fundado en Berlín en 1903.

A su vez los museos de ciencia con colecciones de valor histórico poseen su público mayoritario entre los especialistas en historia de la ciencia o museología científica, dedicados a la investigación académica “el nivel de complejidad y de especialización debe hacerse compatible con la tarea divulgadora inherente a la naturaleza de los museos” (Baratas Díaz, 1999). Por otro lado, los centros de ciencia, se conciben como una “colección de exposiciones interactivas en ciencias cada una diseñada para representar una idea o concepto” (Rennie & McClafferty, 1996); en otras palabras, como colecciones de ideas y de fenómenos naturales y principios científicos más que de objetos:

Normalmente la comunicación se realiza a través de “aparatos y módulos interactivos de nueva construcción, que no tienen otro valor que el de su capacidad de sugerencia y de su riqueza de posibilidades de interacción. (...) El hecho de que la existencia de estos centros no requiera piezas de valor histórico ni grandes artefactos se ha traducido en un mayor acercamiento a todos los ciudadanos, con la aparición de museos pequeños. Otros rasgos definitorios de los nuevos museos de ciencias se refieren a su contenido y a sus medios. Actualmente se dedica un mayor énfasis a la perspectiva contemporánea de la ciencia que al enfoque histórico. Frente al silencio y clima de respeto de los museos tradicionales, los nuevos centros de ciencia buscan un ambiente activo y lúdico que permita al visitante investigar aquello en que está realmente interesado, nuevas vías de aprendizaje, carácter desmitificador, la ciencia se presenta como asequible y cercana al público en general y no como patrimonio de una clase de hombres cualificados (Nuñez, 1997).

Esta distinción entre los conceptos de museos de ciencia y de centros interactivos se puede analizar a partir de sus similitudes y de sus diferencias. En cuanto al primer criterio, ambos tipos de instituciones son lugares visitados por el público general y que a través de la realización de exposiciones buscan informarlo acerca de la ciencia y la tecnología, utilizando para esto experimentos y demostraciones interactivas y buscando su participación activo.

Por otro lado, los centros interactivos de ciencia son espacios abiertos donde se ubican exposiciones interactivas que intentan demostrar un principio científico o tecnológico elemental, resaltando los aspectos prácticos sobre los teóricos. En este espacio, los visitantes se ven incentivados a explorar el artefacto y descubrir el principio por sí mismos, pero por lo

general presentan un retrato descontextualizado y fragmentado de la ciencia, con ausencia de la comprensión sistemática de las disciplinas científicas y sus interrelaciones.

A su vez, los museos tradicionales son espacios relativamente cerrados, dotados de un número menor de exposiciones temporales o permanentes que presentan narrativas acerca de áreas completas de la ciencia y la tecnología. El significado de la naturaleza de estos campos disciplinarios a través de su recuento histórico implica descuidar los principios y procesos de la ciencia en favor de la celebración de logros concretos. Además, la comunicación de temas complejos enmarcados dentro de un espacio limitado da como resultado que la mayoría de los mensajes son inasequibles, incluso para los visitantes mejor informados y preparados. Su elemento diferenciador clave en relación con los centros interactivos es la existencia de colecciones de artefactos instrumentos, herramientas y aparatos científicos para beneficio de la posteridad, relacionada con su misión de conservación.

Así, dentro de los distintos tipos de comunicación científica, cada uno es una parte auténtica, pero solamente una parte del mundo de la ciencia:

Los museos tienen la tendencia de especializarse en la parte de la ciencia que puede encontrarse a través de la historia de los logros técnicos sorprendentes, mientras que los centros de ciencia tienden a especializarse en la parte de la ciencia que se puede encontrar a través la experiencia personal de fenómenos naturales sorprendentes (Durant, 1992).

En cierto sentido, los dos tipos de institución son complementarios, aunque también se puedan observar signos de una convergencia entre ambos. El punto de convergencia son las exposiciones interactivas temáticas y quizás en el futuro esta distinción se difuminará.

Por otro lado, la división entre museos “históricos” e “interactivos” ignora la función intrínseca de los objetos, haciendo más difícil su presentación a través de exposiciones, además de reducir un panorama institucional complejo y dotado de múltiples facetas a un punto de vista dicotómico (Marandino, 2001).

Como se ve, la clasificación de los museos de ciencia no es tarea sencilla y según Bouchet (1987) “desde siempre los Museos de la Ciencia son espejos de la época en que han sido creados”. Otra clasificación tipológica se basaría en los objetivos, más que en el área temática. Así, los museos que tuvieron sus orígenes en colecciones de curiosidades, máquinas o instrumentos, tenían como objetivo **mostrar** la ciencia, a través de la enumeración de las realizaciones técnicas de un país en una determinada época. Los museos creados en el primer tercio del siglo XX tenían como objetivo demostrar la ciencia, “añadiendo a la conservación y presentación del patrimonio científico y técnico una decidida voluntad pedagógica y cultural”. A partir de los sesenta, una nueva tendencia ha orientado cada vez más a un gran número de instituciones, con el objetivo de **comunicar** la ciencia: “centros de percepción” en los cuales se

despertaría la curiosidad mediante el atractivo estético y pedagógico, también conocidos como centros de ciencia (Pérez, Díaz, Echevarría, Morentin, & Cuesta, 1998). Según la definición propuesta por Wagensberg (2000):

Un museo de ciencia (MC) es un espacio dedicado a crear, en el visitante, estímulos a favor del conocimiento y del método científico (lo que se consigue con sus exposiciones) y a promover la opinión científica en el ciudadano (lo que se consigue con la credibilidad y prestigio que sus exposiciones dan al resto de las actividades que se realizan en el museo: conferencias, seminarios y congresos...).

De acuerdo con este concepto, el objetivo de un museo científico sería crear una diferencia entre el “antes” y el “después” de la visita, con una provisión de más preguntas que de respuestas y en este sentido los elementos museográficos se emplean para lograr en el visitante tres clases de interactividad. La primera, una interactividad manual o de emoción provocadora (“*hands-on*”); la segunda una interactividad mental o de emoción inteligible (“*minds-on*”) y por último una interactividad cultural o de emoción cultural (“*heart-on*”). En palabras de Wagensberg (2000):

La tercera es muy recomendable, la primera es muy conveniente, y la segunda, sencillamente imprescindible (...) un buen museo de ciencia es una concentración de emociones inteligibles garantizadas. Un buen museo de la ciencia se hace despertando emociones, pero no emociones de cualquier clase, sino emociones sobre la inteligibilidad del mundo. Es, diríamos, el método de la emoción inteligible.

De esta diversidad de tipologías, se concluye que:

La diversidad del público interesado en los museos de ciencia y tecnología obliga a diversificar los medios. Este instrumento, utilizado en la forma propuesta, permite alcanzar un equilibrado compromiso entre una información de interés académico –muy formal y abstracta– dirigida a la comunidad científica, y sus aspectos pedagógicos y de difusión apoyados en una cultura visual, atractiva para todo tipo de público habituado a este medio (Baratas Díaz, 1999).

3.2.1. Objetivos y metas de los museos y centros de ciencia

Los principios que subyacen a los museos y centros de ciencia interactivos se resumen en que:

- Intentan promover la cultura científica y técnica y dar a conocer tanto las Ciencias y las Técnicas como sus consecuencias económicas, sociales, culturales y ambientales a todos los ciudadanos con independencia de su edad y preparación cultural.
- Ponen el énfasis en la comunicación de la ciencia, predominando la finalidad didáctica frente a la exhibición de máquinas e instrumentos originales, que en la mayoría de ellos no están presentes.

- Invitan al visitante a manipular las exhibiciones. Al contrario de los museos tradicionales de cualquier tipo, es estos museos se estimula a “tocar”, a participar de forma interactiva en los módulos expuestos. Su esencia es la “exploración interactiva de los fenómenos científicos”.
- Tienden a transmitir una ciencia integrada e interdisciplinaria, eliminando las barreras disciplinares, propias de los museos tradicionales, a fin de lograr una visión global y unificada (Pérez *et al.*, 1998).

Los objetivos principales de los centros de ciencia son aumentar la conciencia sobre el papel e importancia de la ciencia en la sociedad, proporcionando experiencias educativas para que los usuarios comprendan principios científicos y tecnológicos y despertando el interés por la ciencia y la tecnología, para que sirva de estímulo en acercamientos posteriores. En resumen, promover el acercamiento a la comprensión pública de la ciencia y la tecnología mediante actividades de popularización y de experiencias educativas informales y no-formales, basadas en enfoques interactivos, experimentales y lúdicos”.

Pero además de acercar a las personas a los avances científicos y tecnológicos, otros objetivos de los museos y centros de ciencia serían despertar el interés por aprender y profundizar; coadyuvar en la formación de un espíritu crítico y utilizar el espacio de foro del museo para la toma de decisiones eficaces en el beneficio de la mayoría (Hoyos, 2001b).

En relación con la misión educativa, las actividades del museo se encuadran dentro del campo de la educación informal (*ver* 4.2.1.), con la existencia de un visitante ocasional que aprende de forma no estructurada, espontánea y personalizada y cuyo aprendizaje se materializa a través de las exhibiciones interactivas, de conferencias, demostraciones, talleres de experimentos, proyección de películas y del uso de recursos multimedia. Además, también proporcionan servicios de educación no formal, como son las actividades organizadas y sistemáticas sin certificación que tienden a modificar conocimientos, habilidades y actitudes (seminarios, cursos, talleres, clubes de ciencia, procesos temporales más o menos sostenidos). En su conjunto, estas actividades alcanzan a un público bastante general, pues son visitados por personas de todas edades y condiciones. Esta misión se justifica, entonces, a partir del principio de complementariedad:

Lo que sucede en el sistema educativo no es capaz de reaccionar en consonancia con el cada vez más rápido avance de la ciencia, y que afortunadamente nuestra sociedad diseña nuevos escenarios para la educación. En definitiva, se intenta reducir la cada vez mayor diferencia entre la ciencia que existe, que alimenta la tecnología y que cambia el mundo, y la que conoce la población en general (Nuñez, 1997).

Esta misión de apoyo al sistema educativo formal busca complementar a los procesos de enseñanza-aprendizaje iniciados en aula y constituye un “laboratorio común de ciencias” a todas escuelas de determinada región. Además, se observa el énfasis en el apoyo y capacitación profesional de los profesores de ciencias. En algunos casos, este apoyo puede

materializarse bajo una forma directa, con el traslado de exposiciones hacia la escuela y la organización de actividades como parte de eventos escolares. Estas labores se complementan con recursos como son los servicios de documentación y difusión, las bibliotecas, bases de datos y acceso a Internet dentro del centro. Esta diversidad de acercamientos se basa en el principio de que la educación formal debe complementarse con nuevas metodologías flexibles y adaptables, que proporcionen opciones personalizadas para que cada persona, según sus intereses y necesidades, puedan completar los conocimientos que reciben en la escuela.

Por otra parte, también se postula que uno de los objetivos de este tipo de institución es el de estimular las vocaciones científicas. Además de casos anedócticos en que el asombro generado por la visita a un museo científico aparece como fuente de inspiración para que científicos eligieran la dedicación a la ciencia, también es posible realizar estrategias específicas dirigidas a niños y jóvenes, como por ejemplo, charlas con científicos, demostraciones y talleres.

En última instancia, también se vinculan a la creación de una conciencia pública, tanto a nivel personal como frente al mundo y a la sociedad:

La visión integral del ser humano, como una potencialidad que no se agota en la capacidad para producir avances en el conocimiento científico o en nuevos desarrollos tecnológicos. Es una concepción que pone en pie de igualdad a la creación científica con la creación artística, histórica o social como producto y manifestación del inagotable talento humano para reinventarse (Hoyos, 2001b)

En esta red de relaciones, uno de los aspectos más discutidos del papel de los museos científicos se encuentra relacionado con el cambio en la relación del público general con la ciencia, caracterizada por una falta de interés e incluso hostilidad, debido a un bajo nivel de comprensión de sus contenidos y métodos. En relación con este último punto, destaca el concepto de alfabetización científica. Ser alfabetizado científico significa no solo poseer comprensión de conceptos y procesos científicos, sino ser capaz de relacionar la propia experiencia y valores personales con temas relacionados con la vida pública y privada (Henriksen & Frøyland, 2000). El concepto de alfabetización científica se explorará con más detenimiento en el *Capítulo 4*.

En este sentido, la necesidad de la alfabetización científica se justifica en función de cuatro argumentos principales. El primer argumento tiene un carácter práctico y se relaciona con la capacidad del ciudadano de saber manejarse en una sociedad dependiente de la ciencia y la tecnología. La segunda justificación es la democrática o cívica y se relaciona con las cuestiones complejas de cuño científico y tecnológico que muchas veces dependen de la aprobación democrática por parte de la sociedad debido al interés ciudadano que despiertan. A su vez, el argumento cultural entiende la ciencia como parte del legado cultural de la humanidad, que influencia su propia visión del mundo. Por último, existe un fundamento económico o

profesional, que tiene en cuenta la capacidad de la fuerza de trabajo necesaria para mantener una economía y de la cual se exige cada vez más conocimientos técnicos (Sjøberg, 1997).

Asimismo, el papel de un museo científico en una sociedad democrática se sitúa como interfaz y mediador de cuatro sectores específicos relacionados con el sistema de ciencia y tecnología de un país: la sociedad misma entendida como el ciudadano de la calle que se beneficia y sufre la ciencia; la comunidad científica donde se crea el conocimiento científico; el sector productivo y de servicios donde se usa la ciencia y la Administración donde se gestiona la ciencia. De la misma forma, cumplen sus funciones interactuando con otros tipos de instituciones como por ejemplo los medios de comunicación de masas (Wagensberg, 2000).

Este papel social se vincula a la creación de estructuras y mecanismos que a largo plazo permitan superar la crisis social, al “invitar a la reflexión crítica mediante la fascinación por el conocimiento”:

Si los gobiernos en nuestras sociedades no pueden crear un discurso significativo que cohesione a sus habitantes en una visión de futuro, de convivencia o de sentido, serán otro tipo de organizaciones sociales las llamadas a proveer de ese discurso significativo, básico para que el conjunto de ambientes y de personas que estén presentes en un territorio, pueda llamarse país (...) Cuando en nuestra comunidad los lenguajes son de violencia y de desesperanza, o por el contrario, de la más absoluta frivolidad, que pretende impedir la reflexión sobre una realidad dolorosa, abrir los espacios para lenguajes críticos y autocríticos, conscientes y actuantes es también una responsabilidad social (Hoyos, 2001b).

La concepción del museo como foro de debate también aporta beneficios adicionales para la política, pues a través de estas iniciativas es posible monitorizar de forma permanente la opinión pública, además de la posibilidad de adaptar las herramientas utilizadas en este proceso a nuevas necesidades políticas (Stavelotz, 2002b).

Los museos de ciencia, en su papel más tradicional, han contribuido a enriquecer los aspectos cultural y económico, pero ahora se plantean nuevas metas. Como instituciones públicas deben convertirse en lugares de reunión, en arenas para el debate público que fomenten el diálogo y que contribuyan a la resolución de desafíos globales. En el ámbito institucional deberían proporcionar las oportunidades para que distintos grupos, dentro de los cuatros citados anteriormente, se encuentren e interactúen, por ejemplo en debates públicos o talleres sobre temas científicos. Estos nuevos ideales se alinean con los aspectos prácticos y cívicos de la alfabetización científica, que en la actualidad busca una mayor participación del público en la actividad científica.

Por otro lado, si los museos van a contribuir a estos aspectos, deberían cumplir algunas condiciones. En primer lugar, las audiencias deben sentir la necesidad de información, que luego les permita manejar las cuestiones científicas y en este sentido deben percibir el museo como un sitio relevante para su búsqueda. Si tradicionalmente los museos científicos han ofrecido

información de carácter interactivo de una forma que la audiencia pueda comprender y aplicar los conocimientos a la vida cívica, ahora también deben funcionar como instituciones de diálogo, utilizando otros medios además de la exhibición, en los cuales la audiencia tenga un papel más activo, como por ejemplo, a través de conferencias, discusiones y talleres.

Acercas de los problemas sobre la dualidad de los resultados de ciencia y tecnología y del hecho de que estos sean cada vez menos asequibles y la ciencia más dudosa en sus resultados:

Los museos científicos deben abordarlos o perder el contacto con las preocupaciones vitales acerca del impacto y el papel continuado de la ciencia. La cuestión no es qué cosas coleccionar o conservar – es cómo dirigirse a audiencias que retienen fascinación con, y mismo fe residual, en el progreso científico, pero que saben cada vez menos cómo la ciencia funciona y se vuelven cada vez más hacia creencias anticientíficas por la ignorancia y el pavor a la caja de Pandora (Lowenthal, 1997).

Por último, según el Comité Internacional de Museos de Ciencia y Tecnología (CIMUSET) del ICOM los museos de ciencia serían “verdaderos entes vivos” en el objetivo de demostrar las relaciones entre los conocimientos adquiridos en la enseñanza formal y la vida cotidiana y el trabajo. La importancia de los museos y centros de ciencia en la cuestión de la percepción pública de la ciencia y de la tecnología también se reconoce en España, como elucida el manifiesto de La Coruña, firmado por los directores de los principales centros en este país:

Que los centros de divulgación científica que se están creando en España cumplen un papel fundamental como dinamizadores de la cultura y desempeñan asimismo un importante papel como complemento de los centros escolares (...) la divulgación científica es importante para la democratización de la sociedad y para la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones que determinarán su futuro (...) importante desequilibrio entre las necesidades culturales de la población, derivadas del desarrollo científico y tecnológico, y la educación científica del ciudadano medio (VV.AA, 1997).

Particularmente en los países en desarrollo, los paradigmas alrededor de la producción y utilización del conocimiento científico y de su circulación social deben romperse para mejorar la calidad de vida. En este sentido se propone un ciclo básico de cambio, constituido por “ver” las dificultades a las que se enfrentan, “hacer”, con la unión de fuerzas para gestionar los recursos disponibles y construir “logros” que se reflejen en un impacto social (Hoyos, 2001b).

3.2.2. El “objeto” en los museos y centros de ciencia interactivos

En cuanto a los acercamientos posibles para la construcción del objeto de la museología científica, se observa la predominancia de un modo principal en cada museo, que

sirve para definir la relación entre el museo y sus visitantes. El **modo ontológico**, basado en el concepto de realidad, busca explicar a la naturaleza y los fenómenos del “mundo real” en función del conocimiento actual sobre el universo. Su foco son las colecciones y exhibiciones de “objetos”, tradición heredada de los gabinetes de curiosidad, con la observación cuidadosa y clasificación de sus especímenes.

El **modo histórico**, con el auxilio de artefactos, busca el retrato de una historia coherente de la aventura científica, a través de la evolución de las disciplinas científicas o de un dominio tecnológico en particular. Son descendientes de los museos de historia y etnología, y representan el progreso del conocimiento y del “*know how*” y cómo las innovaciones afectan el día a día. Este modo utiliza la comparación entre distintas culturas, entre nuevas y pasadas tecnologías, con la sugerencia de una sociedad occidental que basa su dominio en el progreso técnico.

En el **modo epistemológico**, el principal objeto es el proceso científico, o sea, cómo se produce de forma metódica el conocimiento a través de la investigación y modos de pensar y cuestionar los fenómenos naturales. Esta lógica se inició en los laboratorios de investigación científica, con la realización de experimentos y demostraciones y una participación activa del público. Su tradición también se remonta al período de la Revolución Francesa, cuando se funda el *Conservatoire des Arts et Métiers* de París (1789), con prioridad en ejemplos que sirvieran de modelo para demostraciones y en la transmisión de conceptos abstractos a partir de los cuáles máquinas e invenciones se han construido, más que las máquinas o las herramientas *per se* (Montpetit, 2000).

En la actualidad, e impulsado por el surgimiento de los centros interactivos, se abre un debate sobre la necesidad de colecciones. El abandono del término “museo” despeja a las nuevas instituciones la posibilidad de cambio en relación a su percepción e imagen por parte del público, por un lado, y les libra de la obligación de exhibir artefactos auténticos. El abandono del objeto se puede dar tanto en función de la adopción de nuevos medios, como del foco en la interpretación:

Una exposición multimedia combina, en su espacio asignado, artefactos auténticos con otros materiales interpretativos capaces de soportar su contenido y guiar su recepción (...) La exposición multimedia no solamente enseña artefactos coleccionados, sino también ofrece, a través de exposiciones y actividades diseñadas, “intérpretes” o claves para la interpretación que actúan como intermediarios entre los objetos mostrados, los temas y los visitantes, influenciando así la recepción del arreglo preparado como un todo y los significados expresados (Montpetit, 1995).

Las exposiciones interpretativas sitúan a los objetos y a la información dentro de un contexto más amplio que apunta a una comprensión global, con la resultante reducción de la diferencia entre los acercamientos ontológico, histórico y epistemológico. Este acercamiento

también supone una quiebra de los paradigmas tradicionales, como la concentración en las colecciones exhaustivas, la exposición a través categorías temáticas, del dominio sobre la verdad – todas características de un enfoque enciclopedista– para buscar permanentemente una mayor aproximación con la sociedad (Montpetit, 2000). Particularmente en los museos y centros de ciencia, esto se debería dar a través de la desmitificación de los principios científicos a la vez que la democratización del saber científico, de la inteligibilidad sobre los procesos de construcción del conocimiento y del acercamiento científico a temas polémicos de la realidad contemporánea (Bruno, 2001). Los museos también proporcionan una “garantía interpretativa”, que constituye uno de los elementos esenciales de la comunicación institucional, garantizando el estatus sobre el conocimiento acerca del objeto y su autenticidad, y la conformidad de este conocimiento (Davallon, 2000). Más recientemente, los centros de ciencia han redescubierto el valor de los objetos reales en cuanto a su impacto emocional sobre los visitantes.

Sin embargo, esta actitud trae consigo nuevas responsabilidades, como por ejemplo la necesidad de adaptar la información sobre el objeto, situándolo y describiéndolo, en otras palabras, ampliando la dimensión educativa del museo más allá del plan afectivo (Stavelotz, 2000). La presencia de los objetos reales también se justifica en el hecho de que las nuevas tecnologías y los medios en el museo reclaman una realidad, basada en la experiencia de lo cotidiano y en la dominación de los medios de comunicación de masa en esta experiencia, situada en el estado hiperreal, donde la simulación tiene más valor de que lo que se intenta mediar (Silverstone, 1992).

La utilización de objetos permite una diversidad más grande de acercamientos para la presentación de la ciencia contemporánea, en comparación con la utilización exclusiva de elementos interactivos o multimedia, al proporcionar un sentido de contexto histórico. Por otro lado, también se observa la convergencia entre museos y centros interactivos en este aspecto si tenemos en mente que estos últimos cada vez más presentan réplicas de objetos históricos, para que los visitantes tengan la oportunidad de experimentar con el objeto y con su funcionamiento (Morton, 1997).

Los objetos son elementos que moldean nuestra vida cotidiana, son productos de su tiempo, socialmente contruidos y cada uno es un “microcosmos llevando la huella del macrocosmo” (Morton, 1997). Muchas veces, los objetos utilizados, o derivados, de la investigación científica no resultan visualmente interesantes, hecho del cual deriva la necesidad de una variedad de acercamientos y estrategias para su utilización. El objetivo final, entretanto, es que disparen las memorias y la reflexión, por ejemplo a través de objetos familiares conectando las experiencias personales al contenido de la exposición. El significado del objeto dentro del museo deriva de los varios entornos sociales, económicos, políticos y culturales por los cuales pasa, en otras palabras a través de su “biografía” y de la interpretación asociada. Aunque también se produzca una paradoja, pues estos mismos objetos se encuentran divorciados del mundo que

los construyó y que les dio significado, al fijarse un sentido una vez incorporados a una colección (Silverstone, 1992).

Lourenço (2000) propone un sistema de clasificación de los objetos en los museos y centros de ciencia según el objetivo de su diseño y de su construcción: para la enseñanza de las ciencias, también denominados **objetos pedagógicos**; para la investigación científica, los **objetos científicos** propiamente dichos y para popularizar la ciencia u **objetos de popularización**. Los objetos pedagógicos y de popularización son similares, pues comparten los principios de simplificación de la realidad que subyacen en su diseño. Sin embargo, los objetos pedagógicos y científicos comparten una ruptura contextual al entrar en un museo, por que no se diseñaron con objetivos de exposición. En estas tres categorías se pueden acomodar prácticamente cualquier tipo de objeto, desde los modelos científicos, los instrumentos científicos, los ordenadores, las actividades “*hands on*” hasta las réplicas y maquetas.

El enfoque en los objetos también se relaciona con el concepto de divulgación cultural (*ver 2.3.1*), que busca presentar a la ciencia como el lenguaje utilizado para evidenciar los cambios culturales a lo largo del tiempo. Esta estrategia parte del presupuesto de que la ciencia es una manifestación cultural característica de un determinado período, implicada en la construcción de una cosmovisión subyacente. Los museos de tecnología enseñan artefactos conocidos por la sociedad, pero pueden presentar su evolución en cuanto a los avances que los han hecho más prácticos, eficientes o económicos. La presentación pública de la historia de la tecnología se encuentra fuertemente marcada por la idea de progreso técnico y por el concepto de “densidad tecnológica”, que intenta cuantificar el grado de inversión tecnológica aplicado a determinado objeto, y que mide el nivel desarrollo de este artefacto.²

En el futuro, los centros interactivos de ciencias también se dedicarán a la colección, preservación, estudio y exhibición de aparatos científicos y tecnológicos. Sin embargo, el criterio de incorporación se ampliará a los objetos contemporáneos, para enseñar la continuidad intelectual y los logros prácticos. En cuanto a los criterios de exhibición, las colecciones deberán acompañarse de exposiciones interactivas, en un entorno integrado (Bragança Gil, 1998).

La colección de objetos también engendra otros problemas; por ejemplo, la rápida velocidad de los cambios en ciencia y tecnología implica que la cantidad de objetos científicos disponibles en determinado momento es muy grande. Además, también se observan problemas de escala, llegando al punto de que los objetos mismos se tornan la exposición, como por ejemplo en el caso aceleradores de partículas.

En todos los casos se corre el riesgo de la deificación de los objetos, con la visión de la ciencia como algo poderoso, inexpugnable, y que se debe reverenciar. Surge así la metáfora del

² Se trata de un caso propicio para la aplicación de la navegación temporal en 3D, en los museos virtuales (*ver 5.3.3.*)

museo como catedral de la ciencia, utilizada tanto por los críticos como por aquellos partidarios de instituciones basadas en los objetos. Esta representación inamovible de la ciencia, proporcionada por el carácter fijo y longevo de las exposiciones no retrata su carácter dinámico, exagerando la autoridad de la institución y de sus contenidos.

3.3. Desarrollo histórico

A lo largo de la historia se han observado múltiples modos de comunicación científica, de surgimiento paralelo al desarrollo de los propios museos, y cuyo objetivo común es el de soportar el avance de la ciencia. Pero que también dotados de “múltiples objetivos, emergiendo de múltiples contextos llevaron a actividades de comunicación pública que tenían muchas capas de significado, variando del puro entretenimiento al entrenamiento sistemático de la fuerza de trabajo científica y tecnológica” (Lewenstein & Allison-Bunnell, 2000).

En el caso de los museos científicos su historia también se encuentra profundamente vinculada con el concepto mismo de museo, dada la concepción de coleccionismo erudito surgida en el período Renacentista (Alonso Fernández, 1993). Los museos coleccionistas, por lo tanto abarcan tanto los gabinetes de curiosidad y sus sucesores museos de historia natural. Por otro lado, con la Revolución Francesa y con el concepto de la Ilustración también surgen los museos públicos que permitirán el acceso a los contenidos culturales, adoptando ya un planteamiento educativo, como es el caso del *Musée des Arts et Métiers*, fundado en París por el abad Gregoire en 1794 y reuniendo los artefactos técnicos de la época con el objetivo de incentivar la industria.

La evolución histórica de los museos y centros interactivos de ciencia se distingue a través de tres generaciones: la primera generación se encuentra compuesta por los gabinetes de curiosidades y por los museos coleccionistas; la segunda por los museos de la técnica y la tercera por los centros interactivos de ciencia. A cada generación, no solamente han cambiado los contenidos, sino también el concepto del objeto de la museología científica.

La primera generación proviene de la tradición coleccionista de los primeros museos, destacando los llamados gabinetes de curiosidad, que recogían objetos de interés, sobre todo aquellos vinculados a la historia natural. Los gabinetes de curiosidad surgen de forma paralela a la emergencia del método científico, y utilizan los esquemas de organización y sistematización de este último.

Pese al carácter marcadamente coleccionista de los gabinetes de curiosidad, éstos también tenían carácter pedagógico, en un prelude de lo que serían los centros interactivos de ciencias. Así, la enseñanza de las ciencias a través de demostraciones, frecuente en el siglo XVIII, enmarca la ciencia como forma de entretenimiento, animada por conferenciantes itinerantes que

se proveían de máquinas para la demostración de principios y últimos hallazgos científicos y de su potencial tecnológico. También cabe resaltar que los mismos aparatos y demostraciones didácticas formaban parte de los cursos experimentales de las universidades. En estos momentos, la ciencia se entendía como actividad social en que las contribuciones eran desarrolladas según los intereses y habilidades personales, no habiendo una línea de demarcación clara entre los científicos y el público, como se podía observar en las reuniones de la *Royal Society* (Hackmann, 1992).

El *Old Ashmolean Building*, se convierte en el primer edificio diseñado y construido específicamente como museo en Gran Bretaña (1679-1683), con el objetivo de albergar las colecciones de Ashmole y de la familia Tradescant. Su estructura refleja la propuesta de la *Royal Society* de Londres, con la coexistencia de la experimentación científica, situada en el sótano; de la diseminación de los resultados, en el piso intermedio y de la organización, taxonomía y exposición, en el piso superior. En la actualidad, conserva una gran colección de instrumentos científicos de un periodo en que la idea de “conocimiento natural” difería de la actual concepción de la ciencia, lo que representa un potencial al añadir dimensión histórica y cultural a la comprensión actual de la ciencia (Bennett, 1999a).

La segunda generación la componen los museos de carácter tecnológico y sus principales exponentes son el *Deutsches Museum de Munich*, el *Science Museum de Londres* y el *Museum of Science and Industry de Chicago*. Los museos de la ciencia y la técnica, que surgen durante el crecimiento industrial, no solamente celebran los logros técnicos, sino que también poseen la función de transmitir conocimiento acerca de cuestiones técnicas. Más que eso, la función de educación pública también surge en este período, como forma de promover la capacitación de trabajadores industriales e inculcarles la ideología del mundo moderno y tecnológico.

En cuanto a sus orígenes, el *Science Museum* (1857) se propone “servir para aumentar los medios de la Educación Industrial y extender la influencia de la Ciencia y el Arte a la Industria Productiva”. En su vertiente dedicada a la historia de la ciencia, investiga la confección de instrumentos científicos, la relación entre instrumentos y experimentos y el desarrollo de los conceptos científicos en función de la instrumentación disponible. Otras exposiciones demuestran la diversidad y la evolución de los aparatos dentro de un contexto social. En este sentido, la historia de la ciencia puede auxiliar la enseñanza de las ciencias, con la demostración de la dificultad empírica y el lento proceso de construcción del conocimiento científico y con la representación de la importancia de los instrumentos históricos para el marco teórico contemporáneo.

El *Deutsche Museum* (1903) nace de los esfuerzos de un único hombre, Oskar von Miller, que veía el desarrollo científico, técnico e industrial como el principal motor para el desarrollo económico y político de una nación. Una de las maneras de lograrlo sería a través de la

educación en tecnología y ciencia, despertando el interés y entusiasmo en el sector joven de la población y buscando combatir la visión de la tecnología como riesgo, derivada de la influencia de la clase media burguesa y de sus visiones idealistas románticas, en la Alemania de principios del siglo XX. Este museo supuso una innovación en la museología científica y técnica, al utilizar nuevas técnicas para el soporte del aprendizaje, de manera que entretuviera al visitante. Un ejemplo son las exhibiciones de máquinas perfectamente funcionales, con la remoción de las estructuras de encajonamiento para demostrar su funcionamiento interno, además de la utilización de experimentos y demostraciones, de réplicas detalladas y dioramas –representaciones complejas con elemento de perspectiva para ejemplificar el aspecto tridimensional de una área extensa– y de reproducciones en tamaño real de entornos en los cuales las máquinas eran operadas, con el objetivo de proporcionar el contexto histórico real (Fehlhammer & Rathjen, 1999).

Finalmente, la tercera generación surge a partir de la emergencia del concepto de centro interactivo de ciencias. Este concepto se remonta a Francis Bacon, que en su “Nueva Atlántida” (1627), propone la Casa de Salomón, frecuentemente citada como manifiesto del movimiento moderno:

También tenemos laboratorios de óptica en los cuales mostramos toda suerte de luces y radiaciones de todos colores; y partiendo de cosas incoloras y transparentes, producimos toda clase de colores, no en arco iris, como ocurre en los prismas y ciertas piedras preciosas, sino separadamente (...) Procuramos medios para ver objetos distantes, como por ejemplo en el cielo o lugares remotos (...) Tenemos también auxiliares para la vista que sobrepasan en mucho los anteojos y lentes comunes (...) Tenemos, además, laboratorios de acústica, en los cuales practicamos y mostramos todos los sonidos y cómo se producen (...) Tenemos, además, dispositivos para conducir el sonido por tubos y caños, en extrañas líneas, a grandes distancias (...) También tenemos salas de máquinas en las que presentamos motores e instrumentos para toda suerte de movimientos (...) Imitamos, asimismo, el vuelo de las aves (...) Hay buques y botes que navegan bajo el agua y atraviesan los mares (...) Tenemos diversos y curiosos relojes y otros similares aparatos de cuerda, incluso dispositivos de movimiento continuo (...) Tenemos también casa de ilusiones de los sentidos, en las cuales producimos todos los juegos de prestidigitación, falsas apariencias, imposturas, ilusiones y engaños. Y fácilmente podrá creerse que si tenemos muchas cosas verdaderamente naturales que producen admiración, podríamos engañar los sentidos de las personas si disfrazamos aquellas cosas y las hacemos más maravillosas. Pero odiamos las imposturas y las mentiras: tanto que hemos prohibido severamente a todos nuestros miembros, bajo pena de multa e ignominia, que muestren cosas u obras naturales bajo adornos o desfiguraciones. Deben mostrarlos puramente como son, libres de toda afectación y extrañeza (Bacon, 1941: 154-155).

Pese a esta propuesta, se considera la *Children's Gallery* del *Science Museum*, inaugurada en 1931, como la institución precursora de los centros interactivos modernos (Cossons, 1996). Los principales exponentes son el *Palais de la Découverte* (1937), el *Exploratorium* de San Francisco (1969) y el *Ontario Science Center* (1969).

Ten (1997) clasifica en la cuarta generación los denominados “parques temáticos” de carácter científico, que suponen una transformación del espacio museístico. Los precursores de los parques temáticos son los parques naturales, dotados de indicaciones científicas y recorridos

programados, aulas y otros recursos pedagógicos, pero su exponente es el *Experimental Prototype of Tomorrow Community* (EPCOT), tratando de temas como el futuro y la ciencia. Los parques temáticos, con su “unión de información, educación y diversión en un único producto (...) acentúan el carácter lúdico de una civilización cada vez más conocida como la cultura del ocio”. Este autor también define la quinta generación, la de los museos virtuales (Ten, s.d.)³.

Nuñez (1997) nota que pese a que muchas instituciones en España utilicen el nombre de “museo”, no cumplen las funciones clásicas del museo, con la predominancia del concepto de centro interactivo de ciencia, con la atención centrada en los conceptos dinámicos, lúdicos y participativos. En España, son financiados por ayuntamientos, gobiernos autónomos, fundaciones privadas y con escasa participación del gobierno central. El primer centro de ciencia español es el *Museu de la Ciència de Barcelona* de la Fundación La Caixa (1991), seguido por la *Casa de las Ciencias* de A Coruña, *Museo de la Ciencia y del Cosmos* en La Laguna-Tenerife (1993), *Parque de las Ciencias* de Granada (1995), y más recientemente el *CosmoCaixa* en Madrid (2000), el *Museo de las Ciencias Príncipe Felipe* en la Ciudad de las Artes y las Ciencias en Valencia (2000), el *Miramón Kutxa Espacio de la Ciencia* (2001) en San Sebastián y el *Museo de la Ciencia* de Valladolid (2003), entre otros.

En la actualidad, el panorama mundial es alentador y según datos de diversas fuentes, existen aproximadamente 600 centros de ciencia y museos interactivos en todo el mundo. En su gran mayoría se encuentran en Estados Unidos y Canadá (54%), seguidos por Europa (24%), América Latina (9%), Asia (9%), Oceanía (2%) y África (2%). Según datos de la *Association of Science and Technology Centers* (ASTC), casi el 42% de la población norteamericana visitó centros de ciencia en el año de 1999. A su vez, en América Latina se estima que apenas un 2,3% de la población hizo lo mismo. Así, en términos cuantitativos, el reto para América Latina es enorme, en el sentido de hacer llegar su mensaje a la población como un todo y servir de aporte al desarrollo social y el apoyo a los procesos educativos (Padilla, 2001).

Es importante hacer notar que el desarrollo del campo de la museología científica se encuentra soportado por asociaciones nacionales e internacionales que los agrupan. Estas asociaciones se caracterizan por estar constituidas no exclusivamente por centros y museos de ciencia interactivos, sino también por programas de divulgación y comunicación pública de la ciencia, proveedores de materiales y soluciones, consultores y otros tipos de organización. La más importante es la ASTC, de carácter mundial pero que agrupa principalmente a los museos de Estados Unidos y Canadá; en Europa se dispone de la *European Collaborative for Science, Industry and Technology Exhibition* (ECSITE). Otras asociaciones son la *Red de Popularización de la Ciencia y la*

³ En ambos casos, preferimos no adoptar esta clasificación alternativa, en vista de que no se encuentra suficientemente reconocida en la literatura crítica del campo y de que tanto los parques temáticos como los museos virtuales no son instituciones suficientemente consolidadas.

*Tecnología en América Latina y el Caribe (RED-POP)*⁴, el *Nordiske Science Center Forbund (NSCF)*, la *Asia Pacific Network of Science and Technology Centers (ASPAC)* y la *Australian Science and Technology Exhibitor Network (ASPEN)*.

Por último, cabe resaltar el papel de los museos y centros de ciencia para el desarrollo regional, pues este tipo de institución crea atractivos turísticos con beneficios para la economía local.

En la actualidad también se observa una tendencia hacia el desarrollo de centros interactivos pequeños y geográficamente descentralizados, mientras que las asociaciones se tornan un factor de apoyo y aglutinador de experiencias, que proporcionan una “dinámica de evaluación continua y aprendizaje mutuo, aprovechando sus historias de éxito y sus fortalezas respectivas” (Padilla, 2001). Las asociaciones sirven como espacio para el planteamiento de proyectos conjuntos, que se justifican en la medida en que el esfuerzo de diseño y sus gastos asociados se comparten (*ver 5.6.1*).

Por otro lado, también se observa una tendencia a expandir el área de influencia de los museos y centros interactivos de ciencia, de forma que se conviertan en programas regionales de educación y cuyo mensaje sea percibido como un símbolo de calidad, de alcance nacional (Hoyos, 2001b).

A la vez en que cada vez más se obtiene el reconocimiento de su rol social por parte de los sistemas oficiales de educación y de ciencia y tecnología, también se demanda la creación de una comunidad pluridisciplinar de profesionales de la planificación, diseño, construcción y gestión de centros interactivos de ciencias. En otras palabras, de programas de desarrollo y capacitación profesional en museología científica.

3.4. Panorama actual de la museología científica

La práctica museológica contemporánea se recompone alrededor de la optimización de la comunicación con el visitante, de la elección de temas y de la configuración de los aparatos. En la participación del museo en la reorganización de la relación entre ocio y cultura, el discurso sobre ciencia y tecnología sería una reformulación de la lógica del museo, con la relación de la ciencia presente en el discurso como un todo, pero no excluyendo una transferencia de conocimiento (Schiele, 2000).

⁴ La RED POP abarca iniciativas y acciones que responden a la demanda de actividades para la popularización de la ciencia y la tecnología, por ejemplo a través de la promoción de los centros interactivos de ciencia, de los programas de educación no formal, de la producción de materiales de divulgación y del periodismo científico. Sus objetivos últimos son la democratización de la ciencia entendida como componente central de la cultura, con la ampliación del conjunto de personas que se benefician de los productos de la investigación científica y tecnológica (Merino, 2001).

Sin embargo, los museos asumen un carácter de entretenimiento más pronunciado, buscando una dimensión afectiva a través de una vertiente lúdica y recreativa, que actúen en sinergia con la psicomotricidad y con la experiencia sensorial para estimular la cognición deseada. A este aspecto se suma la creación de espacios de convivencia e interacción, de entornos atractivos a los cuales la gente se sienta motivada a regresar, según la definición de un “conjunto integrado por elementos que forman un todo bello, congruente y funcional” (da Silva, 2001).

Ya el hecho de enfatizar la experimentación y comunicación activa por parte de los visitantes se ve reflejada en el manifiesto “*Définition et rôle d’un Musée de L’Éducation Nationale*” y se basa en dos puntos centrales. El primero, la propia concepción museográfica en cuanto a su relación con el público debe invitar a la participación, a través de un entorno relajado, de interfaces amigables, invitadoras a la experimentación y de exposiciones de fácil lectura y comprensión. A su vez, el segundo punto hace referencia a la disposición de mediadores preparados para el contacto con el público y con dominio sobre los temas tratados.

Así, un concepto que asume vital importancia es el de la manipulación, o “*hands-on*”, que implica una acción física sobre la exposición. Pero las exposiciones realmente interactivas son aquellas que responden a la acción del visitante y le invitan a dar una respuesta ulterior, implicando una dependencia mutua entre usuario y exposición. Es esta retroalimentación dirigida al usuario la que provoca una interacción adicional. El concepto de interactividad es un requisito inicial pero no una condición suficiente para que se logre la comprensión. Para que la experiencia perceptiva llegue a ser significativa, también debe ser relevante para el visitante. El carácter interactivo busca la “interdependencia y acción recíproca entre exposición y usuario, para estimular su razonamiento sobre la acción, como medio de comprensión y aprendizaje”. La experiencia de visita a los centros interactivos se podría concebir, entonces, como tetradimensional; la cuarta dimensión sería la interactividad (Padilla, 2001).

Dentro de este panorama general, los museos y centros de ciencia interactivos disponen de una gran diversidad de recursos y servicios, empezando por las exposiciones. Su organización se puede plantear en torno a las distintas disciplinas científicas, como la física, la química, la astronomía, la ecología, o a objetos de estudio de la ciencia, como el agua, el cuerpo humano, la nutrición, la luz, la comunicación, la exploración espacial.

Para exponer determinado concepto científico es necesario proporcionar un conjunto de datos mínimo y conceptos básicos que han formado la evolución de este conocimiento. Esta organización sistemática del conocimiento expuesto es necesaria debido a la posible ausencia de conocimientos previos en el visitante (*ver 4.2.4*). Más que eso, los conocimientos expuestos deben reunirse en un todo coherente, con la definición clara de las causas, relaciones y determinaciones pertinentes al fenómeno abordado.

Ya las exposiciones temporales tienen como objetivo abordar en detalle temas muy específicos que no se podrían tratar con amplitud y profundidad en las exposiciones permanentes.

Las demostraciones se utilizan como un medio de explorar la dimensión emocional del aprendizaje, involucrando al participante en la ejecución de la experimentación y aproximándolo al fenómeno. Se trata también de transponer los ambientes “fríos” proporcionados por la enseñanza formal, buscando un “nuevo escenario, rico en estímulos y fuertemente interactivo, capaz de alcanzar a lo emocional de cada espectador en un contexto colectivo / social” (Saad, 2001). En esta dinámica juega un papel importante el demostrador, que intermedia los fenómenos, invitando a los participantes a la participación y explorando aquellos aspectos inesperados, curiosos, increíbles y lúdicos inherentes a muchas de las demostraciones, además de proporcionar la información correcta subyacente a la demostración. Las demostraciones tienen su origen en la tradición británica, por ejemplo en aquellas llevadas a cabo por grandes hombres de la ciencia como Davy y Faraday en el principio del siglo XIX en la *Royal Institution*.

Por otra parte, estos centros también facilitan otras actividades de enseñanza informal como son los laboratorios de experimentación, el teatro participativo, las bibliotecas, la proyección de videos y el acceso a recursos multimedia e Internet.

Otros servicios especializados que conviene destacar son el cine *Imax* –la exhibición de películas de contenido informativo e educativo mediante una tecnología de proyección avanzada en pantallas gigantes hemisféricas⁵– y los planetarios.

La producción de material didáctico –material documental, aparatos, juegos didácticos y *software* educativo– y la realización de programas itinerantes o de extensión a otras localidades geográficas, tienen como objetivo llevar el mensaje del museo más allá de su espacio físico.

Otras actividades comúnmente promocionadas por los centros de ciencias son las ferias y festivales de ciencia, el apoyo a semanas nacionales de ciencia y tecnología y la realización de programas y transmisiones en radio y TV.

De la experiencia del centro interactivo *Maloka*, de Colombia, también se consideran dentro de las actividades del museo científico el taller de producción y mantenimiento para la realización de exposiciones propias que permite además, ofrecer el diseño de módulos

⁵Lewenstein y Allison-Bunnell (2000) critican la utilización del IMAX, como recurso contrario a la filosofía de los centros de ciencia, debido a su pasividad, al mismo tiempo que reconoce su utilidad a la hora de atraer visitantes.

interactivos para alquiler o venta; la celebración de eventos dentro de sus instalaciones como por ejemplo eventos empresariales, seminarios científicos, conferencias y reuniones⁶.

En comparación con los medios de comunicación masivos, las exposiciones –el principal componente de los museos y centros interactivos– presentan algunas ventajas dentro de las actividades de comprensión pública de la ciencia, como por ejemplo que pueden utilizarse distintos medios de comunicación, cuya máxima utilización se restringe apenas por las limitaciones de carácter práctico y económico (Miles & Tout, 1992).

Sin embargo, a diferencia de los medios de comunicación, el público de los museos es bastante más limitado, además de estar concentrado en los países desarrollados. Varios estudios demuestran que está compuesto por grupos socioeconómicos superiores y con mayores niveles de educación.

En relación con los estilos de aprendizaje (*ver 6.3*), las exposiciones, al utilizar distintos medios, pueden acomodar la inteligencia lingüística (lectura de textos), la inteligencia espacial (utilización de elementos audiovisuales), la corporal-cinestésica (actividades) y la lógico-matemática (resolución de problemas).

Por lo tanto, el museo como medio de comunicación asume el papel de emisor de mensajes científicos, con el objetivo de influir en sus visitantes, a través de un canal determinado y con un rango amplio de receptores, operando en la esfera pública y en la problemática de la producción y distribución de conocimiento en forma de ideas (Castellanos, 1998). Al conceptualizar el museo como un mensaje, se estrecha la vinculación entre museología y divulgación científica, y a los desafíos y problemas de esta última.

Así, los museos y centros de ciencia también tienen la misión de transmitir una imagen y un mensaje, por lo general apartados de un contexto social. Los principios de retratar la ciencia como proceso, alejándose de una imagen tradicional que postula un cuerpo fijo de conocimiento, más allá de las incertidumbres y las disputas, con la ausencia de los grupos sociales y de su relación más amplia dentro de la cultura; de transmitir la ciencia como progreso constante, a través de la ciencia contemporánea; de enseñar las dificultades e incertidumbres asociadas con la ciencia real, son todos aspectos necesarios para la constitución de un retrato fiel a la naturaleza de la ciencia, pero a la vez, congruentes con las necesidades de un público expuesto a los reclamos de un conocimiento científico nuevo y muchas veces conflictivo.

Por otro lado, como en cualquier otro medio de comunicación, también surge la necesidad de conocer la audiencia y de adecuar los mensajes. En cuanto al conocimiento acerca

⁶ Es interesante ver que los Congresos sobre Comunicación Social de la Ciencia, reuniendo a una amplia gama de profesionales de la comunicación pública de la ciencia se ha realizado en el *Parque de las Ciencias* de Granada (1999) y en el *Museo de las Ciencias Príncipe Felipe*, en Valencia (2001).

de los visitantes, pese a una ya consolidada tradición en estudios de visitantes (*ver* 4.2.2.), todavía se observa la existencia de un vacío en este sentido.

En la categoría de los **medios estáticos** se encuentran los modelos, los animales disecados, los dioramas, las réplicas, las ilustraciones, los diagramas y el texto escrito. Los **medios dinámicos** se dividen en tres categorías. Los primeros son aquellos operan de **modo automático**, es decir, ejecutándose automáticamente, como pueden ser los modelos, los recursos audiovisuales y los gráficos con movimientos. Los **medios en modo de operación**, implican la respuesta simple y fija a un comando del usuario y se materializan en la forma de aparatos mecánicos, medios audiovisuales y paneles. En último lugar, los medios en **modo interactivo** hacen que la exposición y el visitante reaccionen uno al otro de manera abierta y no determinada y asumen la forma de exposiciones basadas en ordenador o videodisco.

Otras modalidades de comunicación en el museo son la comunicación cara a cara, a través de conferencias, demostraciones, teatro, o visitas guiadas y la comunicación a distancia, por ejemplo, libros, películas, radio y TV, vídeos, ordenadores, guías en audio, guías impresas y catálogos.

Dentro de la categoría de los medios estáticos, cabe resaltar que en los museos el registro textual no constituye un elemento plástico, ni parte de la escenografía, pero sí un registro esencial para la interpretación de las exposiciones. Aparece bajo la forma de etiquetas de identificación, de textos para explicar conceptos o interpretar modelos y reconstituciones, de instrucciones para el uso de aparatos interactivos o en paneles, alternándose con fotografías, dibujos e ilustraciones. Hasta el momento se ha realizado muy poca investigación acerca de la utilización de textos en museos, como por ejemplo su impacto sobre distintas categorías de visitantes o sus efectos cognitivos y afectivos. Existen, entretanto, recomendaciones elaboradas por especialistas sobre el estilo a utilizar. Como en el caso del periodismo científico, los textos, entendidos como construcciones de la comunicación científica, identifican la tensión entre los complejos y nuevos requisitos del conocimiento científico y la necesidad de claridad y concisión para que este conocimiento pueda ser comprendido ampliamente (Jacobi, 2000).

En relación con el lenguaje estético, su importancia se relaciona con el objetivo del museo científico causar asombro, maravillarse y despertar emociones, y no solo transmitir conocimiento. Es este despertar de emociones que va determinar la búsqueda permanente del conocimiento (da Silva, 2001).

Un campo de aplicación bastante relacionado con los centros interactivos de ciencia son los museos para niños. El enfoque básico de este tipo de institución es presentar información a su público objetivo de manera que hagan un uso óptimo de ella y se les incentive a aprender de una manera agradable, generando el entusiasmo para seguir aprendiendo durante toda la vida. También es un punto de encuentro para todos aquellos actores sociales preocupados por los

niños y su futuro, como son los padres, los profesores e incluso los sectores productivos e industriales. Sus exposiciones poseen carácter “*hands-on*”, estimulan la multisensorialidad, el placer del descubrimiento y siguen una filosofía de “aprender haciendo”. Pero al contrario de los centros de ciencia donde se presenta al visitante un principio científico para exploración, llevándole después a una aplicación, en los museos para niños el tema se presenta situado en determinado contexto y con el enfoque centrado en la exploración, más que tomando un fenómeno como punto de partida.

Pese a la ausencia de la misión de conservación, los museos dedicados a los niños reclaman ser museos pues como los museos tradicionales, también son guardianes del aprendizaje, incentivando el público a adquirir conocimiento de una manera informal. En el caso de que posean colecciones, estas se ven como herramientas, más que como justificación de la institución. También cabe destacar que a pesar de estar enfocados en el público infantil, los estudios de visitantes muestran que hasta el 50% de los visitantes son adultos, actuando como mediadores, y su importancia en el proceso de aprendizaje es evidente (Thomas, 1998).

A partir de campos disciplinarios tan distintos como la sociología, las ciencias didácticas y la psicología cognitiva, el aprendizaje en museos para niños busca la receptividad y la atención por parte de los niños, además de situaciones de co-aprendizaje que se pueden dar entre los niños o entre niños y adultos. En relación con el aprendizaje también se buscan situaciones de aprendizaje activo, con la utilización de la delectación para desencadenar el deseo de aprender y con la creación de situaciones de juego. También es importante tener en cuenta las concepciones previas y las comprensiones erróneas, bastante frecuentes en los niños (Guichard, 2000).

En cuanto a las críticas realizadas sobre la moderna museología científica, para Cossons (1996), los centros de ciencia implican un riesgo de descontextualización, en la medida en que se pueden asociar exclusivamente con experiencias vívidas en la niñez, que luego no van a formar parte de la vida adulta.

Igualmente relacionado con el tema de la visión del mundo de los visitantes:

Lo que los centros de ciencia generalmente no dejan claro es que las demostraciones que presentan al público son parte de un sistema de conocimiento existente. Existe el riesgo de que la ciencia se presente como una verdad simplista, una imagen de espejo de un mundo físico real (Butler, 1992).

Los museos y centros de ciencia interactivos tampoco se han quedado alienados del modelo de déficit lineal. A finales de los años ochenta sus debilidades se han apuntado, en la literatura crítica del campo. Particularmente los museos científicos se han centrado en la comunicación de principios y no de procesos, a través de una jerarquía canónica de las leyes científicas y consistiendo de “texto de físicas en tres dimensiones”. En este sentido, así como

otras formas de divulgación, fallaban al comunicar la estructura del pensamiento científico, su verdadera naturaleza, al retratar una relación biunívoca entre hipótesis y teoría. Además, según los críticos, generalmente enmascaran la compleja relación entre ciencia y tecnología, asumiendo una visión determinista y no teniendo en cuenta, por ejemplo, las implicaciones tecnológicas de un principio científico (Bradburne, 2000).

También se encuentra ausente la visión de la ciencia como proceso dinámico, caracterizado por continuidades y discontinuidades, permanencias y rupturas (da Silva, 2001). Lins de Barros (2001) apunta el riesgo de que la presentación de la ciencia fuera de un contexto más amplio lleve al visitante a centrarse en la ciencia del sentido común o a promover la “interpretación mágica” de demostraciones que solamente pueden ocurrir en condiciones muy precisas. Por otro lado, la imposibilidad de que los visitantes investiguen cuestiones de su interés contiene un mensaje subyacente de que solamente los científicos definen la ciencia.

Otras críticas se refieren al carácter fragmentario de las exposiciones, pues los componentes no se articulan para formar un mensaje global, resultando poco útiles para la conformación de una cultura científica. Por otro lado, la modalidad repetitiva de la relación visitante / exposición, proporcionando un modo de acceso único, el de la exploración interactiva, con la repetición de los actos en cada zona, según un protocolo predominante en el espacio de exposición, puede provocar fatiga museística en los visitantes. Por último, la distancia entre los contenidos y los visitantes, maximizada por las tecnologías interactivas actúa en contra de la percepción del visitante que impide la identificación y apropiación de la información, en la opinión de Montpetit (2000).

Para superar estas dificultades se debe mirar hacia los principios de interpretación, con la utilización de distintos procesos de presentación para comunicar un mismo tema, con la existencia de relaciones de múltiples niveles con el visitante, y con la utilización de los aparatos orientados a explicar, proporcionar contexto, simular y facilitar la experiencia de visita y abordar las preocupaciones de los visitantes.

Por otro lado, la característica de invisibilidad relacionada con muchos aspectos de la ciencia, en el sentido de que es o microscópica o macroscópica y observable únicamente por especialistas dotados de aparatos de investigación científica hace la exhibición de artefactos algo sin sentido. La percepción de la ciencia se torna entonces cuestión de fe, a su vez erosionada por la “inadecuación o perversidad” de sus efectos (Lowenthal, 1997).

Como consecuencia de estas críticas se observa una nueva etapa histórica en la museología científica. Si por un lado el advenimiento de los centros interactivos supuso un cambio desde el artefacto hacia la pedagogía, con el acercamiento “*hands on*” como fuente de experiencia de primera mano para cautivar la atención del ciudadano de a pie y estimular el pensamiento original acerca de la ciencia, en la actualidad se observa un cambio desde la

pedagogía hacia el “*empowering*”. Este cambio reconoce la limitación de las exposiciones didácticas, basándose en que el nivel de implicación es determinante para el cumplimiento de los objetivos educativos, pero no para el modo en el que se va a cumplir, sobre todo si la contribución y la creatividad del visitante son limitadas (Beetlestone, 1998).

Este rol del museo científico se ve cuestionado a partir del manifiesto “*Prototyping for the 21st Century – a discourse*” de Joost Douma del museo *New Metrópolis* de Ámsterdam que propone estrategias de exposición de “de abajo a arriba”, en las cuales el público se considera un actor competente, capaz de generar y recibir conocimiento a la vez, además de estar en control y determinar su propio camino, para alterar su relación con la ciencia y la tecnología a través de la exploración, en comparación con las estrategias “de arriba abajo”, que en la enseñanza son características de la educación formal. En última instancia, la comunicación controlada por especialistas hacia un público profano lleva a la creencia de que el museo de ciencia es una escuela disfrazada (Bradburne, 2000).

Relacionado con este cambio está el hecho de que las experiencias interactivas son de final cerrado, con secuencias de funcionamiento y resultados predefinidos. Se propone, entonces, el surgimiento de los museos de cuarta generación, o “4G”, que “utilizan tecnologías de punta, aunque no es esto lo que les da su carácter innovador, sino el énfasis en la participación creativa del visitante, al facilitar una experiencia definida por el mismo, elegida entre varias opciones” (Padilla, 2001). Esta nueva dimensión de los museos sería pentadimensional, en la medida en que la quinta dimensión se define por la capacidad del visitante de redefinir la exposición.

Para cumplir este objetivo, sus exposiciones serían de final abierto, buscando captar y responder a las expectativas de los visitantes, con experiencias enfocadas a la solución de problemas de la vida cotidiana. Otras estrategias serían los experimentos con animales y con plantas y los foros de análisis y debate social sobre temas de ciencia y tecnología y su impacto en la sociedad⁷.

En suma, los museos de cuarta generación se caracterizarían por un “enfoque paradigmático que integra aportes de una amplia diversidad de modernas tendencias educativas, sociológicas, psicológicas y comunicativas, que está siendo desarrollado en diversas latitudes, con distintas y sin dudas enriquecedoras interpretaciones y concreciones” (Padilla, 2001). Se postula en la actualidad que el público debe encontrar el mismo placer que el científico encuentra en su profesión, es decir, que experimente la definición de problemas, someta a prueba sus hipótesis y

⁷ Un ejemplo es la conferencia de consenso (ver 2.4.) Organizada por el *Science Museum*, institución desinteresada e independiente, la *UK National Consense Conference on Plant Biotechnology* ha buscado contribuir al debate público y constitución de política científica, al proporcionar una comprensión de la percepción pública de la biotecnología, al mismo tiempo en que se diseñó para proporcionar información acerca de la utilidad de las conferencias de consenso como método de involucrar a los legos en el proceso de evaluación de tecnologías. Otro factor de interés en esta experiencia ha sido la actuación del museo, al proporcionar una estrategia de comunicación más allá que el alcance original previsto por la conferencia (Joss & Durant, 1995).

encuentre soluciones. “Hacer ciencia” de manera real puede consistir el punto de partida para que las exposiciones sean convincentes y agradables (Bradburne, 2000).

Una característica fundamental de este tipo de museo sería el estímulo de la creatividad del usuario, proponiéndole retos y situaciones interesantes, con la presencia de procesos de resolución de problemas, en lugar de simplemente proporcionar respuestas que impidan la búsqueda de soluciones creativas, en un concepto de interactividad abierta, que no demanda una respuesta correcta. En cuanto a las tecnologías punta, se buscan experiencias personalizadas e inmersivas, con la utilización de realidad virtual, inteligencia artificial y ambientes inteligentes (*ver 5.5.3*). Por último, también se postula la integración cultural, con la presentación de los temas científicos como parte intrínseca de factores sociales o económicos y con enfoque en el ámbito local y regional.

Un punto de la propuesta del museo de cuarta generación o pentadimensional, el contacto con seres vivos, se relaciona con otras instituciones, consideradas museos según los criterios del ICOM, que son los zoológicos, acuarios y jardines botánicos. Stavelotz (2002a) se refiere a estas otras instituciones como “ZAB”, componiendo el acrónimo con las iniciales de sus denominaciones.

Así como los museos y centros de ciencia también se tratan de instituciones de educación informal, pero en este caso más dedicadas a la concienciación sobre la necesidad de preservación de la naturaleza que a la problemática de la ciencia. En su proyecto común al del movimiento de los museos y centros de ciencia, las instituciones ZAB surgen como alternativas para proporcionar al público información de calidad, basada en el conocimiento científico y promover el cambio de actitudes. En la actualidad, también adquieren relevancia por encontrarse situadas dentro de un contexto de iniciativas educativas para promover el desarrollo sostenible, reflejando el deseo de los visitantes de actuar localmente sobre un problema global.

Así, los museos en su papel de institución deberían actuar como agentes independientes, dotados de un rol específico y único en la sociedad en contraposición al mero servicio a la comunidad científica, al sector educativo, al poder político y al sector productivo. Esta actitud también implica que en su papel, no deberían hacerse cargo de problemas situados fuera de su esfera de influencia, como por ejemplo solucionar el problema de la alfabetización científica o la crisis de identidad de los sistemas educativos formales. Su papel es mucho más el de un intermediario, un intérprete entre ciencia, tecnología e industria por un lado y el público y las escuelas por otro.

Frente a este cuadro, los museos y centros de ciencia están apropiándose de la máxima “pensar globalmente, actuar localmente”; es decir, a la vez que su actividad debe situarse en un contexto internacional, también debe proporcionar experiencias que no puedan

encontrarse fuera de su entorno, con el acercamiento a temas únicos de su localidad, basando sus raíces en las condiciones, experiencias y prácticas locales.

Como conclusión, en relación con el advenimiento de nuevas tecnologías de comunicación y de la presencia de los medios tradicionales, según Bradburne (2000), es la dimensión social, como proveedora de fuerza emocional, la que va a distinguir el centro interactivo de ciencias de otras formas de educación informal que se ven impulsadas en la actualidad, como son los medios electrónicos, el periodismo científico y la educación a distancia. Por encima de las muchas oportunidades que se crean, los museos y centros interactivos deben mantener su valor como entornos de aprendizaje, e intentar “explorar las fuerzas específicas de cada medio –las cosas reales por su inmediatez y especificidad, el espacio público por su espacio de convivencia, los ordenadores por su habilidad de captar el usuario, Internet por el acceso a recursos globales tanto de información como de interacción” (Bradburne, 2000).

3.5. La representación de la ciencia contemporánea

Pero así como en la cuestión de las controversias científicas en los medios de comunicación, la representación de la ciencia contemporánea en los museos también implica un riesgo de que los temas actuales levanten cuestiones políticas e ideológicas que amenacen a la objetividad académica.

Dentro de esta discusión, cabe destacar que el término “contemporáneo” posee distintas acepciones para científicos, educadores y visitantes. Olsen (1997) propone definirlo, en relación con la ciencia como “las áreas investigadas por universidades, institutos e industria”, vinculándolo a la noción de ciencia aplicada. Otra definición postula que la ciencia contemporánea es aquella que aparece en los medios de comunicación. En otras palabras, el concepto se relaciona no tanto con la situación real de la investigación científica, sino con el marco definido por la cultura, dotado de dimensiones sociales, económicas y políticas (Quin, 1997). Común a las dos definiciones es el hecho de que la ciencia contemporánea se caracteriza por un alto grado de complejidad, demandando mucho texto para ser explicada, o tan remota que es recibida con indiferencia por el visitante. El desafío es hacer la ciencia contemporánea realmente asequible y relevante para el visitante.

Los museos y centros de ciencia sufren dificultades a la hora de representar la ciencia contemporánea, pues solamente disponen de recursos para desarrollar sus contenidos de una forma lenta, mientras que la ciencia y la tecnología avanzan rápidamente. Desde el punto de vista económico, para adaptarse a esta situación los museos deberían conseguir nuevos fondos o en última instancia cambiar las prioridades de sus otras actividades. Una posible respuesta

estratégica, sin embargo, podría ser la colaboración, que permitiría el compartir habilidades interpretación y recursos financieros (Farmelo, 1997)

El público quiere saber acerca de “una frontera de ignorancia constantemente en flujo, no un terreno de conocimiento seguro, atrincherado en la ortodoxia. El contemporáneo se encuentra dividido entre el comprendido, pero tedioso pasado y el desconocido, pero encantador futuro”. Por otro lado, cuando la investigación científica se encuentra en proceso de desarrollo, los hechos están abiertos, así como sus conclusiones. Cabe notar que la autoridad de la verdad científica y los hechos son contemporáneos uno en relación al otro, es decir, uno se define solamente cuando el otro también. Esta dinámica compleja es fuente de riesgo de error y mal interpretación, aún más cuando “el contemporáneo tiene una historia dinámica fuertemente vinculada a rivalidades morales” (Schaffer, 1997). Observase que la confianza científica aumenta según la distancia social del reclamo en cuestión y que el pasado y el registro de los científicos y sus instituciones se relacionan con la plausibilidad de estos mismos reclamos.

Particularmente, la controversia científica implica problemas prácticos y conceptuales a la hora de exhibirse. En primer lugar, levanta cuestionamientos acerca de la comprensión pública de la ciencia pues contesta a la creencia de que la mediación popular de la ciencia se limita a la mediación de hechos en la controversia, en contra de la visión de que los hechos son contestados en función de factores sociales, culturales y políticos. Por lo general también se vinculan a cuestiones delicadas desde el punto de vista político y a temas que cambian de forma muy rápida (Macdonald & Silverstone, 1992).

Por lo tanto, la representación en una exposición también es resultado de la negociación entre las estrategias de esa exposición por un lado, y las limitaciones físicas y cronológicas, por otro. En cuanto al primer criterio se observa una dualidad conflictiva entre las estrategias de presentar a la ciencia asequible y objetiva y descargada de valores y el intento de proveer información científica útil en la vida cotidiana. Las características del museo como medio de exhibición y de sus imperativos organizacionales e institucionales dificultan la tarea, en la medida en que el largo período de construcción y de la duración de la exposición propiamente dicha dificultan la representación de procesos abiertos.

Particularmente, la controversia es un proceso cambiante y continuo y una vez encerrada, pierde el interés. Como conclusión, el museo debe negociar entre la tradición de los medios de comunicación masivos y la suya. Por último, el museo se encuentra en una posición única para representar la controversia pues puede representar la “representación de la controversia” por los otros medios, ofreciendo comentarios acerca del proceso de comprensión pública de la ciencia y de su papel dentro de la generación de nuevo conocimiento científico.

Por otro lado, una de las razones para presentar la ciencia y la tecnología contemporáneas se basa en la motivación original de los museos, pensados como colecciones de

artefactos contemporáneos⁸. Principalmente en el campo científico, los museos tienen la misión de retratar y conservar la naturaleza progresiva de la disciplina científica. Pero el riesgo más grande, es que si la ciencia contemporánea no se toma en consideración, se perderá la vinculación entre los museos y el sector educativo, de forma que no contribuirá al proceso de educación continuada (Fehlhammer & Rathjen, 1999).

Una metodología posible para insertar la ciencia contemporánea en los museos y centros de ciencia es exhibir investigación real en las propias galerías. Como justificación de este tipo de estrategia, se podría argumentar que la confianza perdida en la ciencia y la tecnología debe sustituirse por la confianza en los científicos. La “investigación en acción”, por así llamarla, inspiraría la audiencia, en un concepto de interactividad llevado a su extremo.

Una acción llevada a cabo por el *Science Museum* para retratar las cuestiones actuales en ciencia y tecnología es el programa *Science Box*, formado por exposiciones modulares de pequeño porte (aproximadamente 50m²), dotada de textos y gráficos, ordenadores, módulos interactivos y objetos, acerca de lo último en investigación científica. Según los temas y tópicos tratados, el tiempo de producción se sitúa en la escala de semanas. El objetivo es proporcionar una respuesta rápida, con la explicación de temas científicos presentes en los medios de comunicación e ilustrando la importancia de estos tópicos para la vida cotidiana del visitante. Otra ventaja de este tipo de acercamiento es que las exposiciones pueden ser itinerantes (Ward, 1997).

Otro punto relacionado con la ciencia contemporánea son las actividades y productos de la industria tecnológica, que como realizaciones técnicas poseen importancia cultural y proporcionan ejemplos de la interrelación entre el sector productivo y la sociedad. Las exposiciones que trataran este aspecto podrían tener como tema la atención a objetos tecnológicos familiares pero poco comprendidos, los cambios tecnológicos predecibles y sus impactos socioeconómicos y el análisis de la concepción, fabricación y uso de los objetos tecnológicos (Giordan, 2000).

Un acercamiento novedoso es aquel proporcionado por el *Lemelson Center*, un museo dedicado a la innovación tecnológica cuyo objetivo es situar la invención y tecnología en un contexto sociocultural. Las exposiciones del museo surgen como estrategia para abordar temas complejos como son los efectos culturales y sociales de la tecnología que el público debe manejar en su día a día. La comprensión pública de estos temas se está tornando un requisito para la ciudadanía tecnológica (Molella, 1997), al mismo tiempo que el desconocimiento de sus funciones internas puede llevar a “ciudadanos ciegos” (*ver 1.3.3*).

⁸ También es posible concebir al museo como una máquina del tiempo, según el análisis de Schaffer (1997) acerca de “La máquina del tiempo” de H.G. Wells (1895): “El Palacio, después de todo, es precisamente una inmensa máquina para preservar el presente en la medida en que se mueve hacia el futuro, mientras la máquina del tiempo es un pequeño museo de la ciencia y tecnología contemporánea de entonces”.

3.6. Tendencias en la museología científica

Stavelotz (2000) señala algunos cambios ocurridos dentro del campo de la museología científica que van a afectar su papel en el futuro inmediato. En primer lugar, algunos cambios en la sociedad, como por ejemplo el surgimiento de un abismo entre los estudiantes y sus profesores, debido a que estos últimos se han educado en la cultura lecto-escritora, mientras que los primeros en la cultura de la imagen y de los ordenadores. Además, la necesidad de una educación para toda la vida, con la demanda de la renovación de habilidades y conocimientos debido a la innovación tecnológica y el surgimiento de nuevas profesiones y la necesaria preparación de los ciudadanos frente a este proceso también asoman como demandas del sistema educativo. Dentro de este contexto, es necesario crear las condiciones para un debate informado acerca del papel y el impacto del progreso científico y tecnológico en la sociedad.

Ya el papel de creación del conocimiento científico para el público y para la comunidad científica, en contraposición al enfoque centrado en el papel educativo y público de los museos, se va evidenciar en el nuevo siglo. La premisa para este cambio es el reconocimiento de que cada vez más se puede, y se debe, utilizar la necesidad de información del público como herramienta para la creación de nuevo conocimiento científico (Lewenstein & Allison-Bunnell, 2000).

Históricamente, los primeros museos de historia natural han provisto un modelo de cómo los museos se podrían utilizar tanto para la ordenación de colecciones de modo que pudiera educar al público general, como de fuente de material de investigación para la emergente profesionalización científica. En la actualidad, esta doble función, con la separación entre la separación entre las acciones de alcance público e la investigación todavía se mantiene en los museos de historia natural, pero también se observan tendencias de acercamiento. Por ejemplo, en el *National Museum of Natural History* del *Smithsonian Institute*, parte de las exhibiciones consiste en ventanas hacia los laboratorios donde los científicos realizan labores de conservación.

La integración entre investigación y exposición pública también se justifica a partir del hecho de que la necesidad de conocimiento detallado para construir las exposiciones en cuestión demanda la búsqueda de conocimiento antes desconocido. Otro ejemplo es la utilización de imágenes de carácter dramático, como demanda del público, y que surge como oportunidad para la visualización de datos de nuevas maneras, con mayor profundidad o complejidad, en comparación con lo utilizado habitualmente por la comunidad científica.

Otra cuestión polémica es la fusión entre el carácter pedagógico y de entretenimiento de los museos y centros de ciencia interactivos. En este sentido, algunos autores se cuestionan si desde el punto de vista institucional los museos no se estarían convirtiendo en parques temáticos. Ten (1997) considera el parque temático un espacio de educación informal, pese el hecho de que

dependiendo de su idoneidad, de la especificidad de los objetivos educativos empleados y de los mensajes ideológicos sutiles enviados, tendrá un menor o mayor valor educativo. Los parques temáticos nacen de la tradición de los jardines, exposiciones universales, parques de atracciones, y por último, del fenómeno “Disney”. Como fenómeno de masas, traspasan el fenómeno del negocio para convertirse en un agente económico y social que modifica su entorno, de ahí su importancia para este análisis.

Como nota Friedman (1997), el *leit motiv* de la industria del “*edutainment*” es muy similar a la de los museos y centros de ciencia: “ven, diviértete y aprende algo de paso”. Sin embargo, se puede observar una diferencia en la forma en que contemplan la relación entre educación y entretenimiento. En la industria del entretenimiento, estos dos conceptos se ven como extremos opuestos de un *continuum*, manteniendo una relación mutua de oposición y exclusión. Según la visión de los centros de ciencia, educación y entretenimiento no se excluyen mutuamente. El campo de interacción entre los conceptos es bidimensional, con la posibilidad de creación de experiencias completamente educativas y lúdicas, más que considerarlo como un *continuum* lineal, con dos polos expuestos (100% entretenimiento, 0% educación por un lado; 0% entretenimiento, 100% educación por otro) (Padilla, 2001).

En cuanto a la relación pretendida entre la exposición y sus visitantes, en los centros interactivos el visitante manipula la exposición con un sentido de realización individual, mientras que en los parques temáticos, es la exposición la que manipula al visitante, reteniendo el control de lo que ve y escucha y en qué orden. Debido a estas diferencias fundamentales, la coexistencia es posible solamente si los dos tipos de institución se comprenden mutuamente y articulan estas diferencias. A la vez, el público también debe ser consciente (Friedman, 1997).

En cuanto a la utilización de nuevas estrategias, la utilización del teatro en el museo se justifica a partir del argumento de que realiza una conexión entre un objeto inanimado y la audiencia, llamando la atención sobre la exposición en cuestión, a través del factor humano. Ninguna otra técnica puede establecer este mismo tipo de vinculación, pues en este caso la exposición misma es una persona. Además se pueden comunicar distintas interpretaciones de un mismo objeto según la audiencia, a partir de un contenido básico. En cuanto a los actores, deben buscar un balance entre el papel de educador, con la necesidad de ser didáctico para explicar conceptos e ideas complejas, y el de animador, para mantener la atención de la audiencia (Farmelo, 1992). Como experiencias vivas, el teatro compensa el carácter impersonal de la mayoría de exposiciones.

Otra tendencia es la inclusión de servicios de información dentro del museo, que se puede entender como una convergencia del museo y de la biblioteca, ambos servicios orientados a usuarios. Particularmente el *Science Museum* de Londres ha creado servicios de información integrados a nivel experimental, como estrategia para ampliar la comunicación pública de la

ciencia. Un primer experimento ha consistido en un servicio atendido por teléfono, con la disposición de una línea gratuita de información sobre exposiciones específicas y permitiendo al museo cumplir un papel nacional, a pesar de estar ubicado físicamente en una ciudad determinada.

Otra iniciativa ha dispuesto un servicio de información general, ubicado físicamente en el museo, dotado de materiales de referencia, acceso a bases de dato del museo y publicaciones temáticas con el objetivo de proporcionar explicaciones más que hechos. Como conclusión, el personal no especialista en el tema, pero dotado de un trasfondo de conocimiento general en ciencia y tecnología ha sido capaz de proporcionar respuestas a la mayoría de las preguntas, con el fin de incentivar y no de intimidar. Por otro lado, el hecho de no proporcionar una respuesta definitiva a todas las preguntas promueve la idea que los científicos no tienen todas las respuestas y de que existen divergencias en el seno de la comunidad académica (Will, 1992).

Además, una respuesta definitiva concluye una conversación al tratarse de una transmisión pasiva de conocimiento, mientras que en un diálogo real la intención es iniciar conversaciones de forma que los estudiantes desarrollen sus propias explicaciones, en un proceso de autocognición. De la experiencia desarrollada en un servicio de consultas del *Science Museum of Minnesota* se ha observado el establecimiento de un patrón, con la existencia de algunos elementos recurrentes, cómo el de preguntas que pueden transformarse en conversaciones, por ejemplo compartiendo el interés y expresando una curiosidad genuina sobre el tema, o preguntando sobre el contexto en el cual se realiza la pregunta. Transmitir la información deseada, pero de manera incidental, como un elemento accesorio del mensaje, utilizar un tono orientado a compartir información entre colegas más que la comunicación de un experto a un lego e incitar al usuario a compartir sus hallazgos, son otras estrategias para involucrar a los usuarios. El último paso sería recomendar fuentes adicionales de información sobre el tema, cuidadosamente seleccionadas, como pueden ser personas con las que contactar, libros que leer y sitios que visitar, para que el usuario siga la exploración del tema por su cuenta (Rusk, 1998).

Retomando el tema de la relación entre ciencia y cultura, si no se percibe que la ciencia y la tecnología han tenido un gran valor en la historia de la humanidad, tampoco se reconocerá su relevancia para el futuro. Así, también es función de los museos destacar el papel de la ciencia y la tecnología en todos los aspectos de la existencia humana y una estrategia posible sería aumentar la representación de la ciencia en otros tipos de museos, aprovechando la fuerza del medio y compartiendo la utilización de recursos financieros existentes para distintos fines. Entretanto, este último argumento posee un doble filo, en la medida en que el espacio tiempo y la energía dedicados a esta tarea pueden estar en conflicto con el uso habitual de estas exposiciones.

La experiencia anterior de establecer enlaces transversales a los curricula entre ciencia, tecnología y arte demuestra que la estrategia no requiere el interés previo sobre ciencia

por parte del visitante. Por otro lado, el objetivo es lograr una actitud positiva en relación a la ciencia, más que la comprensión acerca de procesos y concepto de la ciencia en sí mismos. La llamada ciencia “*stealth*”, o invisible postula métodos de interpretación en los cuales la ciencia emerge naturalmente, buscando que el entusiasmo por la simplicidad y el interés por la información sean más fuertes que el temor de no comprender temas científicos. Por ejemplo, en las colecciones históricas, en una exposición es posible acercarse a los objetos en tres direcciones: su estética, su papel y su uso en la sociedad, y la ciencia y tecnología que sostenían la sociedad que los engendró. Las colecciones de artes y humanidades, por ejemplo, enfatizan la estética y la humanidad de la ciencia. En ambos casos, hay una necesidad de asesoramiento técnico y científico. El papel del científico en esta situación es comparable a la de su relación con periodistas científicos, tratando de reconocer y definir los vínculos de carácter científico y de verificar que la interpretación simplificada desarrollada por educadores y curadores no es errónea o lleve a falsas creencias (Sudbury, 1992).

Una cuestión de actualidad, y a la cual los museos y centros de ciencia no deben ser ajenos, es la participación de la mujer en la ciencia⁹. Particularmente a los museos, interesa saber si en su actividad de comprensión pública de la ciencia y de la tecnología hay distinciones entre los géneros, en cuanto a la realización de sus objetivos (Bicknell, 1997). Los museos con su misión de fomento de vocaciones científicas podrían contribuir al incremento de esta participación¹⁰.

Las diferencias en cuanto a la participación de los géneros en la ciencia se puede analizar desde una perspectiva “*nurture-nature*”, en otras palabras, tanto por el entorno social como por la herencia genética. La explicación biológica explica las diferencias en función de distintos tipos de inteligencia: mientras que en los hombres prevalece la inteligencia visual-espacial, en las mujeres prevalece la inteligencia interpersonal, hecho que se podría explicar a partir de la psicología evolutiva, pues estas inteligencias se vincularían con los papeles desempeñados por los sexos a lo largo de la evolución de la especie. Como consecuencia, los sexos tendrían distintas habilidades, que se reflejan en distintas aptitudes frente a la ciencia.

Por otro lado, la explicación cultural parte del presupuesto de que la socialización de género en la escuela y en hogar lleva al desarrollo de estereotipos; son las instituciones sociales las

⁹ Como advertencia, en el campo de la investigación en género y ciencia los resultados generalmente se interpretan de una manera partisana, con poca reflexión acerca de los sesgos del investigador y sus influencias sobre la recolecta e interpretación de los datos. También cabe hacer una acotación: mientras que el término “sexo” describe diferencias biológicas, “género” describe una “más extendida y compleja diferencia social influenciada por cuestiones sociales, políticas y económicas”.

¹⁰ Una estrategia interesante es la realizada por el *Lemelson Center*, con su programa *Innovative Lives*, presentando a inventores y emprendedores que comparten sus historias de éxito. Esta estrategia puede servir para reclutar minorías, principalmente al contar con mujeres tanto como conferenciantes como en la audiencia, con el objetivo de enseñar que las carreras científicas están abiertas a ambos los sexos y a todas las razas.

que perpetúan las diferencias de género, como se puede verificar a través de un análisis histórico de la participación femenina en la ciencia (Maciel, 2002).

Bicknell (1997) señala algunos aspectos de las diferencias de género en relación con las actitudes e intereses ante la ciencia y la tecnología contemporánea y su implicación en la representación de estos temas en los museos y centros de ciencia.

Las diferencias de género en las visitas a los museos se pueden apreciar a través de datos demográficos. Estudios realizados por el *Science Museum* han indicado una proporción 60-40 en favor de los hombres y hay evidencias de que estas diferencias también se encuentran en el sector formal de la educación. Sin embargo, McManus (1994) revisando los estudios de visitantes concluye que el género no parece ser un factor determinante en el comportamiento de visita de familia frente a la influencia más grande de la naturaleza de la exposición.

En cuanto a la utilización de ordenadores, se asume que las generaciones mayores se sienten alienadas; sin embargo también hay evidencias de una alienación basada en el género y se observa que los niños tienen tres veces más experiencia que las niñas en cuanto a esta cuestión. Los estudios indican que las elecciones y preferencias acerca de la ciencia y tecnología parecen darse alrededor de los nueve o diez años de edad, y se relacionan con las actitudes, los intereses y la auto-confianza. Estas preferencias vuelven más marcadas con la edad. En cuanto a los visitantes adultos, no se trata de que las mujeres no se interesen por ciencia, sino que su foco de atención es distinto, con énfasis en las personas y en la interpretación de qué significan los resultados científicos para sí mismas y para las otras personas en general. Mientras tanto, los hombres parecen demostrar más interés en el control de la tecnología y en el propio objeto, que en sus implicaciones personales.

Bicknell (1997) sugiere dos líneas de acción para acomodar esta diferencia o para promover cambios. La primera propuesta es aceptar que existen diferencias y diseñar exposiciones adaptadas al género, en un intento limitado de cambiar el desequilibrio que se presenta en relación con la ciencia y la tecnología. Parte del presupuesto, ampliamente reconocido, de que la diferencia no se iguala a inferioridad. Las interpretaciones específicas de género demandan la utilización de múltiples interpretaciones, lo que puede derivar en un elemento de ambigüedad, y que no se relaciona con la estrategia tradicional de presentar la ciencia de manera factual y autoritaria, sino con el reconocimiento de los intereses, actitudes y motivaciones que se postulan en los museos de cuarta generación. En cuanto a las estrategias de enseñanza, se recomiendan grupos pequeños para la realización de trabajo colaborativo, el fomento del diálogo y del debate, acercamientos no competitivos y la búsqueda por retratar la relevancia de la ciencia a la vida real. Todos estos criterios se reflejan en el contenido, estilo de presentación y uso de las exposiciones.

Otra estrategia sería aceptar que las diferencias son inducidas socialmente y reducir este efecto a través del desarrollo de exposiciones que partan del supuesto de que los dos géneros son diferentes, con distintos talentos y experiencias, pero que algo puede ser mostrado para todos. Supone el reconocimiento de la heterogeneidad de las audiencias y se trata de un modelo más complejo, debido al intento de contrarrestar la influencia de padres, colegas, profesores, instituciones culturales y medios de comunicación de masas.

En ambos casos, los museos actuarían como agentes de cambio, promocionando el cambio de las actitudes frente a la ciencia e intentando cerrar brechas de género. También cabe resaltar que las diferencias de género pueden ser menos significativas que diferencias de raza o de estatus económico. En este sentido, las diferencias dentro del propio sexo son más relevantes que las diferencias entre los dos sexos, y las actitudes varían desde el miedo tecnológico hasta el entusiasmo, igualmente en ambos sexos.

3.7. Desafíos de los museos y centros de ciencia en el siglo XXI

En el siglo que acaba de empezar, pese a su consolidación dentro del escenario de la comunicación pública de la ciencia, los museos y centros de ciencia también van a afrontar algunos desafíos.

En primer lugar, y quizás el más problemático, es el aspecto de la financiación, con la dependencia de financiación pública y privada por la totalidad de este tipo de institución, en el mundo. ECSITE estima que en Europa, del 66% al 75% del presupuesto proviene de los ingresos generados por el público. El restante depende de financiaciones externas y patrocinios y el propio crecimiento del sector, con la saturación del mercado, puede actuar en contra. El aspecto financiero representa una amenaza para su propia existencia, además de limitar la capacidad de innovación, renovación y expansión.

En un artículo bastante crítico y pesimista, Bradburne (1998), comparaba los centros de ciencia a los dinosaurios en peligro de extinción o a los “elefantes blancos”. Su argumento es que los centros de ciencia ya no alcanzan las demandas de la sociedad, apegándose a un modelo de transmisión lineal del conocimiento y con énfasis en la explicación, frente a las cuestiones públicas de orden económico, ético y político a las cuales el público se enfrenta.

Por otro lado, en cuanto a sus prácticas, la necesidad de atraer de forma repetida a un mismo público compuesto por escolares y por sus familias demanda la creación continua de exposiciones temporales como atractivos. Paradójicamente, esto también minaría los recursos económicos de los centros de ciencia, ya escasos debido a sus altos costes de capital, gestión y mantenimiento, y también perjudicaría la calidad de las visitas. En términos de visitantes, y

consecuentemente de ingresos, los centros de ciencia sufrirían las consecuencias de haber seguido un “modelo institucional” basado en el museo.

Por último, la competición impuesta por los medios de comunicación, por la industria del entretenimiento y por la tecnologías de comunicación e información desplazaría la función y la importancia de los centros de ciencia frente a la sociedad. Bradbourne propone un nuevo modelo de institución, primordialmente basado en sus ideas anteriores, ya mencionadas (*ver 3.3.*), pero de menor dimensión física y más volcado hacia las comunidades locales a las que representa¹¹. Otro aspecto importante, sería la estrecha vinculación con el sector formal de la educación y con la investigación académica, con el objetivo de perfeccionar el conocimiento acerca de los procesos informales de aprendizaje.

Pese a esta visión negativa acerca de la asistencia y de la supervivencia financiera, se observa un crecimiento del orden de un 30% en cada década, a partir de 1969, basado en el deseo de tener “algo parecido” en cada comunidad. Person (2000) también afirma que los niveles de visita se encuentran en crecimiento, según datos del último congreso mundial de museos y centros interactivos de ciencia con una tasa anual del 6%, debido al surgimiento de nuevas instituciones y también al hecho de que las instituciones existentes están creciendo a un ritmo constante.

Dada la fragilidad de su aspecto financiero, los museos y centros de ciencia también tendrán que adoptar una postura empresarial, con la adopción de técnicas de marketing para asegurar sus niveles de visita. Mientras que el museo virtual es una de estas posibilidades (*ver 5.3.1*), un punto interesante es explotar la marca que representan. La definición de “*branding*” proporcionada por Gardella (2002) es la de identidad pública de una empresa, un recurso estratégico. Otro concepto adicional puede ser entenderla como promesa que existe en la mente del público acerca de qué hace y de quién es la institución. En el museo el valor del “*branding*” abarca la percepción, la calidad percibida y la capacidad real del producto, que en este caso es la experiencia de visita al museo. Reflexionar acerca de la cuestión de la marca es también un proceso de auto-conocimiento, ayudando al museo a encontrar el centro de su actividad. Al reconocer qué cosas únicas realiza la institución y cuáles forman parte de la promesa, en otras palabras, a reconocer fortalezas y debilidades y comparar los resultados con la visión del público acerca de estos mismos temas.

En cuanto a los resultados educativos, estos deberían evaluarse. En la actualidad, son pocas las evaluaciones que resisten a la crítica metodológica rigurosa y pocas conclusiones son aplicables más allá de los límites de una actividad específica, realizada en una ubicación determinada. Se observa también una tendencia a igualar “educación” y “escuela” y un enfoque

¹¹ Según Person (1997), los “museos y centros de ciencia se volverán menos dependientes de su ubicación y más dependientes de las personas”.

exclusivo en los beneficios cognitivos. Por otro lado, los resultados afectivos son difíciles de identificar y su evaluación es más problemática.

Además, mientras que la educación formal e informal son distintas, la metodología de evaluación de la informal se basa en la de la formal. El modelo de evaluación basado en producto-técnica de transmisión-evaluación por criterios no se aplica, pues los resultados dependen en gran medida de la agenda interna del visitante en cuanto a sus intereses, aspiraciones, habilidades y necesidades. Los resultados de la educación informal se relacionan más con la percepción del mundo, tienen influencia en el comportamiento subsiguiente y en la receptividad a situaciones de aprendizaje mucho después de producida la experiencia mientras que los estudios longitudinales son prohibitivamente caros e inadecuados (Beetlestone, 1998).

A su vez, el reconocimiento de la diversidad y pluralidad cultural, particularmente significativa en Estados Unidos, tiene como efecto colateral el surgimiento de una “nueva forma de populismo”, demandando cambios en el proceso de toma de decisiones, con estructuras jerárquicas de poder bajo modificación, con una mayor base de participación popular y con la resolución de conflictos basada en estrategias “gana-gana”. Así, los museos, en su papel de “árbitros de la cultura, piedras de toque de la calidad” deben tener en cuenta el compromiso entre las cuestiones de la cultura corriente y de las minorías culturales, de representar sus demandas y su representación frente la sociedad general. Entretanto, estos nuevos movimientos también conllevan un riesgo, con la politización de la educación, comúnmente expresada a través de la retirada de las controversias de los foros de discusión, de la adopción de una actitud “políticamente correcta” y de la ausencia de la exploración de los conflictos a través del balance entre visiones opuestas. Como resultado, algo que está diseñado para no ofender a nadie también parece no interesar a nadie (Bloom, 1992).

Pese a estas dificultades, la misión educativa de los museos y centros de ciencia resulta trascendental en la actualidad, motivo por el cual dedicamos el próximo capítulo a los procesos de enseñanza y aprendizaje que se producen estos entornos, especialmente los relacionados con las ciencias.

Capítulo 4 – La función educativa de los museos y centros de ciencias

Como se ha visto, los museos y centros de ciencia están situados en el proceso de comunicación pública de la ciencia y en el movimiento de la alfabetización científica, con una función educativa complementaria al sistema formal escolar y se encuentran relacionados con la práctica de la enseñanza en ciencias, al extremo de que algunos autores les atribuyen ésta como su principal función.

Sin embargo, para analizar la función educativa de estas instituciones de enseñanza informal, es necesario analizar en primer lugar con más profundidad los procesos de enseñanza y aprendizaje de ciencias, desde sus principios teóricos hasta la aplicación práctica de las estrategias educativas que incorporen los principios de una reforma educativa demandada por las condiciones de la actual sociedad tecnológica. También será necesario profundizar en las teorías y prácticas acerca de los procesos de aprendizaje llevados a cabo en los museos y centros de ciencia, caracterizados por constituir entornos de aprendizaje de libre elección, o por utilizar terminología corriente, informales.

4.1. Enseñanza y aprendizaje de ciencias

4.1.1. La alfabetización científica y los procesos educativos

Si en el *Capítulo 2* hemos analizado el concepto de alfabetización científica a partir de sus múltiples definiciones y de su relación con los procesos de participación pública en la ciencia y la tecnología, tratamos de rescatar aquí los aspectos de este ideal vinculados al principal recurso disponible para la sociedad, a través del cual se podría alcanzar este reto: la educación de ciencias.

Bybee (1996) analiza el concepto de alfabetización científica según varias perspectivas. Desde la perspectiva del eslogan, o sea del uso repetido sin una clarificación del sentido, un término servirá como símbolo para la transmisión de las ideas y actitudes clave de los movimientos educativos y para la generación un espíritu de comunidad. Por lo tanto, como eslogan, la alfabetización científica proporciona un valor positivo, identificándolo con una reforma contemporánea, y uniendo a los educadores científicos a través de una declaración única que exprese los objetivos de la educación científica.

En segundo lugar, la alfabetización científica entendida como metáfora busca expresar los objetivos de la educación científica, transformando el sentido de la alfabetización y adoptando un sentido implícito más allá del sentido estricto del término (saber leer y escribir) que hace referencia a una declaración teórica y a los componentes fundamentales de lo que se pretende obtener con la educación científica.

Además, como figura de lenguaje establece una comparación entre “bien informado” y “bien educado” que son otras características del proyecto. La metáfora también provee un modo de pensar en cómo alcanzar una educación de ciencias eficaz, comparándose por ejemplo a una inmersión en una cultura: con la inmersión de los estudiantes en cuestiones y procesos auténticos de la ciencia y problemas reales frente a la memorización de un vocabulario científico. Esta inmersión, a su vez, sugiere un objetivo para los estudiantes, fijando estándares de realización. Por ejemplo, aprender algo más que un vocabulario básico.

Por otro lado, analizar las raíces históricas de la alfabetización científica lleva a la comprensión del debate actual y de las controversias asociadas a este concepto. Se trata de un debate mucho más antiguo acerca de los objetivos más amplios de la educación científica y los medios para alcanzarla a través de la escolarización, que comienza a mediados del siglo XIX (Chun, Oliver, Jackson, & Kemp, 1999).

El lema “ciencia para todos” surge de una iniciativa de la *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (UNESCO) en 1983, representando un nuevo acercamiento a la alfabetización científica destinada al público en general. Aunque el movimiento de “ciencia para todos” se haya aplicado fundamentalmente al sector de la enseñanza obligatoria, también se puede aplicar a la educación adulta, terciaria o abierta (Ross & Scanlon, 1999). La “ciencia para todos”, implica alcanzar tres objetivos básicos: el crecimiento personal y desarrollo continuo, el papel de un individuo como ciudadano en una sociedad democrática y la preparación para las obligaciones de este papel. Relacionado con estos objetivos, se encuentra la necesidad del individuo de ganarse la vida, trabajar y adquirir las habilidades básicas comunes a todas actividades sociales (Bybee, 1996).

En contrapartida, el concepto de cultura científica determina un posicionamiento específico, asumiendo la noción de conocimiento científico generalizado en la población, no más a partir de una base de medición de la comprensión de conceptos, en otras palabras, del “nivel de alfabetización científica, sino de un “modo de entrelazar” la ciencia que los niños aprendieron en la escuela a sus modos cotidianos de reaccionar, pensar, emocionarse y actuar, que podría incorporarse en su pensamiento familiar como el íntimo vocabulario de la cultura (Solomon, 1997).

Una justificación algo distinta es el aprendizaje de las ciencias por el bien individual, dada las relaciones entre ciencia y cultura. Conocer las ciencias, por lo tanto, implicaría la posibilidad de una participación cultural¹ (Massey, 1999).

Pero según Shamos (1988), la alfabetización científica es un reto inalcanzable. El punto central de la cuestión se encuentra en el hecho de que la mayoría de las personas puede

¹ Esta justificación es paralela a la propuesta de divulgación cultural realizada por Bonfil Olivera (2002) (ver 2.3.2).

vivir en la sociedad virtualmente ignorando la ciencia y la técnica, al mismo tiempo que disfrutaban de todo su confort, de forma que la sociedad se ha aislado de la necesidad de saber o comprender el origen de estos avances. Además, la discusión habría fracasado al no especificar cómo la sociedad se va a beneficiar de un mayor conocimiento de la ciencia, en comparación con cualquier otra disciplina, además de fallar en especificar estándares en cuanto a los objetivos y los modos de alcanzarlos (Shamos, 1995).

El argumento de que la alfabetización científica es necesaria para la participación activa en cuestiones y decisiones relacionadas con la ciencia y la técnica ignora la realidad de que la carga de conocimientos necesaria para que se alcancen juicios independientes se encuentra más allá de la capacidad de los científicos mismos. Por otro lado, las controversias científico-tecnológicas poseen fuertes ingredientes emocionales que conllevan a la distorsión de los juzgamientos, independientemente del grado de alfabetización científica del individuo, dado que las emociones entran en conflicto con creencias personales, políticas o religiosas.

Así, la apreciación de la ciencia, en el sentido de percibir la ciencia como algo “interesante, estimulante y entretenido” constituye un reto más realista. Según Shamos (1988), en una ciudadanía que comprenda y aprecie lo que es la ciencia es menos probable que se desarrollen actitudes anticientíficas, que en una que se haya visto forzada a aprender ciencia.

Frente a la imposibilidad de que la educación de ciencias permita que los ciudadanos juzguen con base técnica, en otras palabras que se equiparen a lo expertos, la educación de ciencias debería buscar, como mínimo, reducir el miedo asociado a las cuestiones científicas y técnicas y la falta de confianza en comprender principios básicos (Massey, 1999).

Un posible currículo para promover la apreciación de la ciencia incluiría la comprensión de los objetivos de la ciencia y de la tecnología, de los motivos por los cuales ambos son necesarios, del papel de la teoría en la ciencia, del significado de los hechos” y de las “verdades científicas”, del papel de la experimentación en ciencia, de la relación complementaria entre la ciencia y de la tecnología, de la historia de la ciencia y de su naturaleza acumulativa, de los potenciales y limitaciones en el horizonte de la ciencia, de la amenaza de los movimientos pseudo y anticientíficos y por fin, del impacto social que la ciencia y la técnica ocasionan en la sociedad (Shamos, 1995).

Sin embargo, como elemento común, la idea básica del movimiento en pro de la alfabetización-cultura-apreciación científica es el concepto de una “una nueva forma de enseñar que rompa, en particular, con la visión de una ciencia descontextualizada, ajena a los intereses y condiciones sociales” (Bybee, 1996), de forma bastante similar a lo que el movimiento de la comprensión pública de la ciencia y la tecnología postula en la actualidad. Para Trefil (1996), la alfabetización científica es un subconjunto de algo mucho más general, denominado

alfabetización cultural. Así, casi todas cuestiones científicas no tratan de la ciencia aisladamente, sino que demandan un conocimiento sobre temas como economía y política, por ejemplo.

Por último, entre las características de una persona educada se encuentran el deseo y la habilidad de continuar aprendiendo una vez alejada del sistema formal. Entre los atributos que se mencionan para alcanzar este nivel de “*lifelong learning*”, destacan la curiosidad (el deseo de comprender los fenómenos y de saber más sobre las cosas) actuando como fuerza conductora; la confianza, o habilidad de aprender cosas nuevas y la discriminación, pues la curiosidad sin un foco de atención puede conducir al esfuerzo de dominar temas irrelevantes o erróneos, llevando a la disipación de energía mental y física. Estas son justamente las características que emergen del estudio de las ciencias, pues entendida como proceso, y no solo como cuerpo de conocimiento, demanda y alimenta estos valores (Massey, 1999).

4.1.2. La reforma educativa en ciencias

En la actualidad, de forma paralela al proyecto de alfabetización científica, se observa una demanda por una “reforma educativa” en la enseñanza de ciencias, como reacción a la percepción de que la ciencia y la tecnología se encuentran devaluadas y a problemas específicos detectados en el sector formal de la enseñanza. Por ejemplo, el informe “*Beyond 2000: science education for the future*”, editado en Reino Unido, identifica una serie de problemas en la educación de ciencias.

Aunque muchos estudiantes completen de forma aparentemente exitosa su formación científica, muchos no se encuentran familiarizados con las ideas científicas básicas. El informe también reconoce que la enseñanza en la escuela no es capaz de despertar el sentido de asombro y de curiosidad por el mundo natural. Quizás, debido a la presentación de la ciencia como un cuerpo fijo de conocimientos, ausente de valores, como una sucesión de hechos a memorizar, y que tienen poca importancia para las necesidades futuras de los jóvenes; se presenta como información factual enseñada de forma aislada, con poco énfasis en la ciencia contemporánea y en las relaciones entre la ciencia y la tecnología (Jackson, 1998a).

Entre las razones que intentan explicar por qué la ciencia es difícil de aprender, Millar (1991) destaca el hecho de que el esfuerzo no está debidamente recompensado y de la baja percepción de su valor para la vida cotidiana; de que la comprensión de la ciencia demanda la reconstrucción permanente del conocimiento, con la reestructuración del conocimiento previo con el objetivo de adaptar la perspectiva de los fenómenos experimentados hacia su explicación científica; de que algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia confunden a los aprendices, por

ejemplo la tensión entre la apertura y el dogmatismo en la ciencia; de que la ciencia es abstracta, con el pensamiento formal operacional demandando del aprendiz determinado nivel de desarrollo cognitivo. Además, se encuentra el problema del lenguaje, aún más dificultado debido a la existencia de términos que poseen un significado distinto en el contexto cotidiano. El lenguaje de la ciencia se encuentra aislado del lenguaje del día a día y esto contribuye a la abstracción percibida, aún más cuando este lenguaje abstracto se codifica de forma simbólica, a través de la notación matemática.

Otras dificultades son las concepciones alternativas, o ciencia *naïve*, la imagen negativa de la ciencia en la opinión pública y las actitudes negativas de estudiantes frente a la ciencia, sobre todo en grupos como mujeres o minorías étnicas (Vázquez Alonso, Acevedo Díaz, & Manassero Mas, 2001).

La dificultad en relación con la aplicación del aprendizaje a situaciones nuevas también se debe a que la resolución de problemas se realiza de forma repetitiva, a través de ejercicios rutinarios de escaso significado científico más que como tareas abiertas que demanden reflexión y toma de decisiones (Caballer y Oñorbe, 1997).

Según Caro (1997b) se pueden distinguir tres componentes del problema de la educación, tres tipos de tensiones. La primera tensión se produce entre los productores de la ciencia y los educadores. Los científicos realizan su trabajo en diversidad de disciplinas estrechamente definidas; hablan desde un punto de vista especializado, mientras los profesores presentan a los alumnos un conocimiento amplio. La segunda tensión se produce entre los tópicos actuales en la investigación y el currículo, de manera que no hay solapamiento y la ciencia contemporánea queda prácticamente excluida de la escuela. Por fin, también existe una brecha entre la enseñanza de base abstracta en la escuela y la experimentación y práctica con la tecnología, fuera de ella.

En cambio, en la “sociedad de la información” se produce una oferta excesiva de información, acarreando una saturación informativa, por lo que la capacidad de buscar, seleccionar e interpretar la información, y lo más importante, de asimilación crítica, resulta fundamental:

Información deslavazada, fragmentaria y a veces incluso deformada. Lo que necesitan los alumnos de la educación científica no es tanto más información, que pueden sin duda necesitarla, como sobre todo la capacidad de organizarla e interpretarla, de darle sentido (Pozo & Gómez Crespo, 1998).

En el plano epistemológico, algunas corrientes filosóficas abogan por la superación del positivismo lógico, defendiendo que la ciencia no es un discurso sobre lo “real,” sino una elaboración de modelos para interpretar la realidad. En este contexto no hay saberes absolutos

sino aproximaciones relativas, construcciones sociales que modelan la naturaleza del mundo. Según esta concepción, aprender ciencias es una tarea de comparar y diferenciar modelos más que de adquirir saberes absolutos y verdaderos (Pozo & Gómez Crespo, 1998). Según la misma corriente de pensamiento, una característica de la aplicación en ciencias es el empirismo lógico, que postula una imagen de verdad absoluta objetiva e infalible, libre de valores frente a los análisis filosóficos y sociológicos que atribuyen un carácter cargado de valores a la ciencia, afectando al conocimiento, a la comunidad científica y a sus relaciones con la sociedad (Vázquez Alonso et al., 2001).

Por otro lado, la concepción de la ciencia como un proceso, dotada de carácter dinámico, histórico y provisional, en el cual operan la construcción de modelos y de teorías también plantea cambios en relación con su enseñanza. Sumando a esto la existencia de compromisos e intereses de la ciencia y la técnica, frente a una supuesta neutralidad y objetividad, invita a que también los alumnos, en los procesos educativos, participen en el proceso de elaboración del conocimiento.

En su conjunto, este cuadro desvela un desajuste entre la ciencia que se enseña y los intereses de los alumnos y de la sociedad a la cual va dirigido este proceso, provocando una crisis en la cultura educativa y demandando nuevos métodos y nuevas metas.

El mencionado informe *Beyond 2000* concluye con recomendaciones, y postula un cambio de enfoque hacia la alfabetización científica general, lo que se encuentra de acuerdo con la visión establecida por muchos museos y centros de ciencia, que presentan la ciencia y la tecnología en contexto, contemporánea y como proceso.

A su vez, Solomon (1997) describe un estudio de la Comisión Europea acerca de la situación de las ciencias en la escuela y el futuro de la cultura científica en Europa. El estudio ha evaluado el contenido científico de cada currículo nacional, las políticas nacionales y locales para su ejecución, la situación de la educación informal a través de los museos y centros de ciencia, el nivel de formación y estatus de los profesores y la situación real de la igualdad de oportunidades para todos los estudiantes. En los resultados, se observa que el currículo es prácticamente igual, dentro de cada disciplina. Sin embargo, una diferencia llamativa es la definición de las fronteras del conocimiento. En cada país las “ciencias” abarcan a distintas y variadas disciplinas.

En cuanto a las nuevas tendencias en educación de ciencias en Europa, las recomendaciones son a favor de una política educativa que busque hacer el contenido en ciencias relevante en la vida cotidiana del estudiante y que se potencien los trabajos prácticos en el laboratorio. En el nivel primario, por otro lado, se propone un abordaje “tópico” o “integrado”, para que los alumnos aprendan de manera holística y sitúen al conocimiento dentro de un contexto cotidiano. La utilización de controversias científicas, aunque se comente en algunos documentos con carácter de orientación, raramente se aplica en el nivel obligatorio.

El punto central en el actual debate es la adopción de una educación de ciencias diseñada para futuros científicos frente a una alfabetización científica general. En otras palabras, educar “sobre” la ciencia y la tecnología y no tanto “para” la ciencia y la tecnología. Aprender sobre ciencia, implica dos dimensiones. En el ámbito interno, aprender los valores propios y la naturaleza de la ciencia; en el ámbito externo, aprender las relaciones con la sociedad y la tecnología. Estos principios constituyen la base para la reforma en la enseñanza de ciencias, adoptada, por ejemplo, en programas como *Science for All*, *Project 2061*, *Salters*, y *SATIS*.

Esta visión de la reforma de la educación de ciencias se encuentra en la actualidad bastante extendida. Para la *Association for Science Education* (ASE), el proceso educativo debe ofrecer oportunidades para que los estudiantes aprecien la naturaleza de la ciencia, su interrelación con otras disciplinas –proporcionando valores sociales y culturales– y de que la conducta de la ciencia no está totalmente ausente de valores.

También debe fomentar el desarrollo de valores como la honestidad intelectual, la apertura mental –a través de la consideración de pruebas, hechos y teorías y de la suspensión del juzgamiento– y el desarrollo de la autocrítica. Consecuentemente, la educación de ciencias contribuiría al desarrollo de una actitud crítica y constructiva y al interés hacia los valores científicos, a una curiosidad y actitud responsable hacia el mundo físico y natural y a la apreciación de la ciencia como actividad humana que influencia la vida de las personas y de sus visiones del mundo (ASE, 1997c).

La *Declaración sobre la Educación Científica*, fruto del Simposio “Didáctica de las Ciencias en el Nuevo Milenio” realizado en 2001, propone como elemento esencial de la transformación de la enseñanza de ciencias, el “establecimiento de un núcleo de problemas, conceptos e ideas, comunes a diversas ramas de la ciencia y la tecnología, que sirva de base al trabajo interdisciplinario en las escuelas y a la integración de múltiples saberes y dimensiones de la cultura humana” (VV.AA., 2001).

Según la ASE, la “alta calidad en enseñanza”, se caracteriza por parámetros como la comprensión de conceptos científicos, la comprensión de la naturaleza y cultura de la ciencia, la habilidad de concebir y realizar investigaciones y trabajos prácticos, la habilidad de comunicar ideas utilizando los métodos apropiados, el desarrollo del entusiasmo e interés por la ciencia, la habilidad de trabajar de forma independiente o colaborativa y la comprensión de la naturaleza de la prueba científica, en relación con la construcción del conocimiento científico y con la toma de decisiones en controversias (ASE, 1997a).

Por parte de los profesores, esta calidad se caracteriza por una visión clara de la educación científica, por la habilidad de presentar la ciencia de forma interesante, instigadora y situada en contextos relevantes, por una actitud positiva en la enseñanza de la ciencia, por el

compromiso personal con la preparación para el aprendizaje y por un alto grado de habilidades pedagógicas, como la planificación, la presentación de los contenidos y las técnicas de evaluación.

Paralelamente, la formación de profesionales de la educación debe darse en áreas estratégicas adecuadas al nuevo paradigma educativo, como la formación de profesionales dedicados a la alfabetización científica, a la gestión de museos y centros de ciencia, a la educación a distancia y a la utilización de tecnologías educativas (Tavares, 2001).

Gil Pérez (1998) preconiza la apertura del currículo a las transformaciones científico-tecnológicas, como manera de contribuir a la educación, a través del incremento de su utilidad y del interés de los alumnos, pero que también exigen “decisiones colectivas fundamentadas y orientar la actividad personal y colectiva hacia una perspectiva global, sostenible, que respete y potencie la riqueza que representa tanto la diversidad biológica como la cultural y favorezca su disfrute”. En Europa, según el mencionado estudio de Solomon (1997), la enseñanza de la tecnología surge como un tema separado en el currículo, abarcando el estudio de los medios industriales de producción, con la inclusión o no de una explicación asociada de sus implicaciones sociales; la tecnología de la información y el uso de ordenadores y la adquisición de habilidades de “taller” para el diseño y construcción de artefactos tecnológicos.

Para Vázquez Alonso, Acevedo Díaz y Massanero (2001), las bases de una reforma en la educación de ciencias deberían ser los valores y actitudes hacia la ciencia, pues “educar en valores implica la formación de la dimensión afectiva del ser humano, tarea menos simple que enseñar otros conocimientos, que afectan más a la dimensión cognitiva de la persona”.

En el marco social actual, caracterizado por una cierta abdicación respecto a la formación integral, en general, y de valores, en particular, la carencia de un sistema social de valores y elementos axiológicos claros resulta nociva para vivir en una sociedad abierta y democrática, asentada en las convicciones personales de sus ciudadanos. En este marco, la exclusión en la escuela de la dimensión afectiva de la educación no sólo resulta anacrónica, sino que se hace más patente la necesidad de una educación en valores y principios axiológicos homogénea para todos los ciudadanos que sea capaz de compensar estas carencias y permita construir así una sociedad más libre, aunque pueda parecer una paradoja (Vázquez Alonso et al., 2001).

Por otro lado, la incorporación de la educación de actitudes, valores y normas en la enseñanza de las ciencias ofrece dificultades a la hora de evaluar, debido a la ausencia de procedimientos válidos. En cuanto a los obstáculos metodológicos de este acercamiento, las actitudes emanan de un consenso social y no de un cuerpo de conocimientos establecido, lo que supone entrar en un área interdisciplinaria, abarcando la historia, la sociología, la epistemología de la ciencia, la dialéctica y la ética. Otra dificultad es el hecho de que enseñar en valores es menos simple que enseñar otros conocimientos, pues el profesorado no ha recibido información específica y se trata de un proceso ajeno a la cultura escolar tradicional (Vázquez Alonso et al., 2001).

A su vez, la educación para la ciudadanía se entiende como la capacidad para percibir, interpretar y actuar en sociedad, en el sentido de:

Participar activamente en una sociedad compleja y en continua transformación, fundamentada en principios democráticos y participativos. Aprender a establecer una relación entre lo aprendido y lo que ocurre todos los días, lo que oímos y vemos, aquello sobre lo que tenemos que decidir y sobre lo que podemos y debemos elaborar nuestra opinión con otros (Aguilar, 1999).

Otro objetivo de esta propuesta es que la población sea capaz de interpretar y actuar socialmente, a través de una participación activa y responsable con la conciencia de que es posible cambiar la sociedad, frente a posturas deterministas. Estas características se encuentran, por otro lado, fuertemente vinculadas con la educación de ciencias:

La educación científica, en todos los niveles y sin discriminación, es requisito fundamental para la democracia. La igualdad en el acceso a la ciencia no es solamente una exigencia social y ética: es una necesidad para realización plena del potencial intelectual del hombre. Expandir la alfabetización científica, las habilidades y competencias, bien como la apreciación de los valores éticos, son una necesidad para aumentar la capacidad pública de decisión en asuntos relativos a ciencia (Unesco, 2000).

Relacionado con la cuestión de los cambios que ocurren en el sector industrial y en la sociedad se encuentra el tema del desarrollo. Alcanzar el desarrollo sostenible de un país demanda elevar el nivel de información de la población. La alfabetización científica y tecnológica se justifica, por lo tanto, como medio para alcanzar la ciudadanía y la solidaridad, la preservación de los ecosistemas y del patrimonio cultural, y una competitividad creciente en el sector productivo, de forma que debe presentar también componentes ambientales y técnicos.

De forma paralela, la educación ambiental, busca el desarrollo de hábitos mentales y actitudes que permitan el desarrollo de un pensamiento crítico y reflexivo con vistas a una mejor relación del individuo con el medio ambiente.

En cambio, la educación técnica busca la sostenibilidad en el mercado de trabajo, intentando situar a un país en posiciones de vanguardia frente a los cambios y transformaciones que ocurren el mundo. Esto implica el desarrollo de capacidades creativas, de conocimientos y habilidades para que se hagan emprendedores. Cuestiones que se relacionan con la educación para la innovación, que busca la preparación para la creatividad e innovación. Los alumnos deben estar preparados para ocupar un espacio económico tanto como empleados como emprendedores, así como para demandas sociales, económicas y políticas (Tavares, 2001).

Por último y particularmente en Estados Unidos, una base para la reforma en educación de ciencias se propone a través de la adopción de estándares curriculares en ciencias. Un estándar curricular es un documento diseñado para establecer una ruta común en el sistema

de educación y ayuda a los profesores a alcanzar objetivos específicos. Este acercamiento deriva de la fragmentación excesiva de las políticas educativas dentro de un sistema democrático y surge como una propuesta de reorientación y reintegración.

Sin embargo, los estándares *de facto*, como por ejemplo aquéllos que determinan el material instructivo y las herramientas de evaluación resultan inútiles. El material docente resultaría superficial, debido a la amplitud de temas a tratar, relacionada a su vez con la gran velocidad de crecimiento del conocimiento científico. Por otro lado, los estándares deberían ser concisos y claros, aceptables ampliamente, buscando definir cuál es el conocimiento fundamental en ciencias (Bartels, 2000).

Cabe notar que los estándares no representan un consenso, sino que establecen una visión a perseguir. Muchas veces poseen carácter polémico y se pueden entender como hipótesis de trabajo. Más que la utilización directa por los profesores, que se ven limitados por condiciones como los materiales disponibles, las políticas y las experiencias de capacitación proporcionadas, los estándares deberían utilizarse por los formadores de profesionales, por los miembros de consejos educativos y por los autores y productores de materiales didácticos.

Los beneficios de su adopción residen en la promesa de simplificar el currículo, y de servir como punto de referencia para intereses divergentes o distintos, asegurando al mismo tiempo oportunidades iguales de educación para todos los alumnos (Bartels, 2000). Tienen además un carácter político, pues se trata en última instancia de documentos que incorporan valores y premisas sobre lo que se debe aprender, quién puede aprender y cómo. De ahí su fuerza y la controversia que provocan.

Para Tinker (1993), los temarios de contenidos requeridos, si son definidos estrechamente derivarán en una fragmentación del aprendizaje. La clave residirá en si los estándares pueden soportar instrucción creativa y basada en métodos inquisitivos, o simplemente aumentar la presión para abarcar más contenido. En el caso del *Project 2061*, de la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), se postula una adhesión al aprendizaje investigativo (*ver 4.1.2.1*). Por otro lado, esta propuesta también establece un listado de hechos que los alumnos deben saber, cerca de mil conceptos, que equivalen a uno por cada hora de instrucción, aproximadamente. Esto conlleva el riesgo de que se busque abarcarlos a través de la instrucción directa e tradicional, en vez de utilizar estrategias más innovadoras.

A su vez, los estándares propuestos por el *National Council Research*, utilizan una definición amplia de ciencia, incluyendo su contexto histórico y social. Las listas se limitan a los conceptos “básicos”, anticipando que escuelas y gobiernos locales pueden adicionar sus propios puntos. Aunque el aprendizaje investigativo aparece como un componente crítico del estándar, se encuentra ausente el papel de las habilidades tecnológicas, buscando convertir a los estudiantes en solucionadores de problemas prácticos (*ver 4.1.2.1*).

En cuanto a la utilización de la tecnología educativa, esta es un elemento esencial dentro de la reforma educativa, pese a las críticas existentes sobre su eficacia y pertinencia (*ver* 6.5.). La Declaración sobre la Educación Científica reconoce su utilidad para la organización, representación, almacenamiento, recuperación y transmisión de la información, para la realización de cálculos y procesamiento de datos, para la construcción de modelos y experimentación y para la liberación de los estudiantes de operaciones rutinarias. Teniendo en cuenta la aplicación de los ordenadores y de los medios de comunicación, se demanda “elaborar programas de acción y crear grupos y redes de trabajo, en los niveles local, regional, nacional e internacional, con coordinaciones e intercambios permanentes” (VV.AA., 2001). La ASE reconoce la tecnología de la información como parte esencial de la educación, en la medida en que la comprensión científica se mejora por su aplicación, así como las propias habilidades en tecnologías de la información también se incrementan (ASE, 1997b).

Como última consideración, la innovación en la enseñanza de las ciencias requiere una actualización permanente, a través del contacto con docentes e instituciones implicadas en este campo. Esta actividad se traslada más allá de la realidad local de la institución, por ejemplo a través del establecimiento de una red de proyectos, cuyos objetivos serían apoyar desarrollo de proyectos educativos en el museo, facilitando su seguimiento y socializando sus recursos, divulgar iniciativas e innovaciones en el campo de la pedagogía y promocionar los espacios reales de formación, que en su conjunto equivaldrían a “nuevos espacios de participación educativa” (Hoyos, 2002).

4.1.3. Teorías y estrategias pedagógicas en la educación de ciencias

Los componentes teóricos subyacentes a una teoría educativa son una teoría del conocimiento, o epistemología, y una teoría del aprendizaje (Hein, 1998).

Una teoría del conocimiento, o epistemología, se hace necesaria para contestar la pregunta “¿qué aprenden las personas?” y determina una posición acerca del estado del conocimiento dentro del proceso educativo. Las posiciones teóricas se sitúan en un *continuum*, entre dos extremos.

En primer lugar, el **realismo** asume que el mundo real existe independientemente de las ideas que las personas puedan tener. Es el diálogo con la naturaleza que nos acerca a su comprensión, aunque el mundo de nuestras experiencias es limitado en comparación con la realidad. Aplicado a la ciencia, el realismo asume que el conocimiento científico se corresponde al comportamiento de objetos reales, aunque un realismo moderado reconozca que las teorías son

construcciones humanas. El conocimiento, según la visión realista, se organiza según una estructura lógica que pertenecería al tema mismo y no a una convención arbitraria.

El **idealismo** postula que el conocimiento existe en la mente de las personas y no corresponde necesariamente a la naturaleza exterior, sino que se construye por ellas. Dentro de esta visión se encuentra la famosa provocación del filósofo Berkley para quien el sonido de un árbol cayendo no existe, si no hay nadie cerca para escucharlo. En su vertiente más radical, por ejemplo en el constructivismo de la ciencia, se reclama que no hay un modo de conocer la realidad absoluta: el conocimiento proviene solamente de las construcciones sociales.

Por otro lado, una teoría del aprendizaje trata de cómo las personas aprenden y también se observa la existencia de un *continuum* polarizado. En el primer extremo se sitúa un modelo de transmisión-absorción, que entiende el aprendizaje como añadir información, paso a paso, en el “almacén de informaciones” interno de la mente del aprendiz. En el otro extremo se sitúa la vertiente que defiende la construcción del conocimiento por las personas, con la participación activa de la mente en este proceso. Esta corriente se encuentra relacionada con la concepción de que existen distintos tipos de aprendices.

Las dos dimensiones, la epistemológica y la de aprendizaje, son independientes una de la otra. Así, un acercamiento al aprendizaje puede contener tanto una epistemología realista como una idealista. Por otro lado, las posiciones epistemológicas pueden acomodar los dos tipos de enseñanza, didacticismo o constructivismo. Así, los acercamientos teóricos al aprendizaje y a la epistemología se pueden combinar, dando origen a distintos acercamientos pedagógicos, tanto para la enseñanza en ciencias como para el aprendizaje en los museos.

Pozo y Gómez Crespo (1998) realizan un recorrido de los distintos acercamientos pedagógicos en la enseñanza de ciencias analizando cuatro ejes: sus supuestos epistemológicos y la concepción de aprendizaje inherente, los criterios de selección y organización de los contenidos, las actividades de enseñanza y de evaluación y las dificultades previsibles en su aplicación.

Lo que se podría llamar **enseñanza tradicional** se centra en la transmisión de conocimientos verbales y en la lógica de las disciplinas científicas. El profesor asume un papel de proveedor de conocimientos acabados, lo que caracteriza una unidireccionalidad en el proceso educativo. A los alumnos les cabe un papel reproductivo. Parte del supuesto epistemológico que asume la hipótesis de la compatibilidad entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, de manera que la mente se encuentra preparada para recibir estos contenidos. Los contenidos se organizan según saberes conceptuales acabados y establecidos –clasificados en las categorías disciplinares aceptadas en la comunidad científica– y se jerarquizan desde lo simple hasta lo complejo, con requisitos de conocimiento subordinados, según cada nivel. Se asume una visión estática del saber científico y se asume el realismo interpretativo, en el sentido de que para

conocer cómo es realmente la naturaleza el alumno debe reproducir el conocimiento, transmitido a través de exposiciones claras y rigurosas.

La metodología didáctica se basa en clases magistrales, en “explicaciones” y en el control de la sesión por parte del profesor. Las evaluaciones son reproductivas, por ejemplo a través de ejercicios repetitivos y de la aplicación de rutinas y sistemas de resolución a problemas. Predomina la evaluación sumativa, como forma de determinar los niveles mínimos exigidos. En cuanto a las dificultades, esta metodología no satisface las demandas actuales, por ejemplo de que los aprendices sean más activos y autónomos a la hora de resolver problemas. Tampoco asegura el uso de los conocimientos fuera del contexto de aula. Además, el divorcio entre los objetivos de los profesores y de los alumnos causa desmotivación.

La **enseñanza por descubrimiento** o **aprendizaje investigativo**² (*inquiry*) postula que el alumno debe aprender ciencia haciendo ciencia, a través de un descubrimiento personal. Esta corriente asume una metodología didáctica equivalente a la metodología de la investigación científica, bajo el presupuesto de que el método de transmisión del conocimiento se favorece con la creatividad y pensamiento disciplinado. Busca el desarrollo del pensamiento científico, presentando a la ciencia como un método, como un proceso, una forma de acercarse a la realidad. La compatibilidad entre ambos métodos supone el enfrentamiento a las mismas tareas y situaciones, y la obtención de las mismas conclusiones.

Epistemológicamente, asume que la aplicación del método científico conduce a la estructura de la realidad, según una concepción inductivista, en la que los modelos y teorías son una consecuencia directa y necesaria de la investigación. Por otro lado, el descubrimiento no es autónomo, sino guiado por el profesor. Los criterios de selección todavía son disciplinares, pero de saberes estáticos pasan a ser problemas en búsqueda de una solución. La aplicación didáctica consiste en el diseño de escenarios propicios para la realización de descubiertas; en ellos, el papel del profesor es nutrir el alumno de problemas y facilitar el descubrimiento a partir de actividades guiadas, actuando como un director de investigación.

La evaluación debe contemplar el proceso, pero también se debe centrar en los productos y en los niveles adecuados de comprensión conceptual. Entre las dificultades, llama la atención el problema de la compatibilidad, pues el razonamiento científico se encuentra alejado de la capacidad de los alumnos, y no es la forma usual de solucionar problemas, siendo accesible a pocos alumnos. Además, asumir que los procesos de la ciencia equivalen a los procesos del aprendizaje confunde la naturaleza y la función social de los contextos de investigación y de educación.

² También denominado “aprendizaje por indagación” o más formalmente, “aprendizaje mediante una estrategia de indagación metodológica”. Aunque el término aprendizaje por descubrimiento esté recogido en el Tesauro ISOC de Psicología del Centro de Documentación e Información Científica (CINDOC); preferimos utilizar “aprendizaje investigativo” debido a su mayor proximidad al concepto de investigación científica.

En relación con la enseñanza tradicional la **enseñanza expositiva** busca mejorar los procesos de aprendizaje de los alumnos, a través de un acercamiento progresivo de sus ideas a los conceptos científicos, estableciendo conexiones explícitas entre distintas partes del currículo. Uno de sus argumentos principales es la consideración del punto de vista del alumno como punto de partida para nuevos aprendizajes y para la activación de conocimientos pertinentes. Por eso, pese a adoptar la estructura conceptual de las disciplinas científicas en su concepción epistemológica, el conocimiento externo se complementa por una lógica propia de los alumnos, resaltando el papel de la actividad cognitiva de los sujetos. El punto de partida son los conocimientos previos y se establece un paralelismo entre las estructuras conceptuales de los alumnos y las estructuras del conocimiento científico, según la hipótesis de la compatibilidad.

La organización de los contenidos se da según un principio de diferenciación progresiva en el cual “la organización del contenido de un material en particular en la mente de un individuo consiste en una estructura jerárquica en la que las ideas más inclusivas ocupan el vértice e incluyen las proposiciones, conceptos y datos fácticos progresivamente menos inclusivos y más finalmente diferenciado” (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978). Las actividades pedagógicas buscan establecer un puente cognitivo entre lo que ya se sabe y lo que se debe aprender y la evaluación se centra en el conocimiento conceptual y en la capacidad de relacionar estos conceptos. En esta corriente, los mapas conceptuales se utilizan como instrumento de evaluación y recurso metacognitivo. Por otro lado, se critica su dudosa eficacia en cambiar conocimientos previos. Además, las ideas inclusoras suponen una compatibilidad, si no la hay, es imposible realizar la conexión con el conocimiento del alumno.

En la **enseñanza mediante conflicto cognitivo** el cambio conceptual se logra a partir de las concepciones alternativas de los alumnos. Se trata de una posición intermedia entre el descubrimiento personal y la instrucción directa. A través de la generación de una contradicción interna de carácter empírico o teórico, se busca la sustitución de la concepción alternativa por teorías más potentes, es decir, por el conocimiento científico. El hecho de que el alumno elabore y construya su propio conocimiento, de que descubra sus limitaciones y las resuelva, revela una posición constructivista ante la naturaleza del conocimiento y de su adquisición, además de asumir el presupuesto de la incompatibilidad.

El núcleo conceptual de la ciencia se espeja en el currículo y se observa una organización similar a de la enseñanza tradicional. Las actividades didácticas, al buscar el cambio conceptual, demandan una acumulación de conflictos que provoquen cambios en la estructura de conocimientos existentes.

Una propuesta de secuencia para la generación de un cambio conceptual abarca tres fases principales: en primer lugar, la realización de tareas que activen el conocimiento previo para que el profesor lo conozca y los alumnos tomen conciencia del problema. A esto le sigue el

enfrentamiento de los conocimientos previos a través de situaciones conflictivas, por ejemplo, la presentación de datos o la realización de experiencias. En este proceso de explicitación de los errores se revelan los límites de la concepción alternativa y se presenta una nueva concepción más próxima al saber científico. Por último, la consolidación de los conocimientos adquiridos se realiza a través de su generalización y aplicación a nuevas situaciones.

Más que una organización del currículo, la enseñanza mediante conflicto cognitivo supone una estrategia de enseñanza, que a su vez debe integrarse en las metodologías tradicionales. Tampoco cambian las metas ni la forma de evaluación. Por otro lado, la erradicación y sustitución del conocimiento intuitivo puede ser imposible en algunos dominios.

La **investigación dirigida** establece un contexto similar al de los científicos. Se trata de la recuperación de los supuestos del aprendizaje por descubrimiento, lo que cambia es la concepción de la investigación científica, concebida aquí como un proceso de construcción social. La selección de contenidos se orienta a partir de la resolución de los problemas planteados en el conocimiento disciplinar. Las actividades son la resolución conjunta de problemas, en situaciones abiertas, y la búsqueda de nuevas respuestas bajo supervisión del profesor.

El papel del profesor es reforzar, matizar y cuestionar las conclusiones de los alumnos, fomentando a la vez el carácter social de la resolución, a través del diálogo y de la explicitación de los procedimientos, actitudes y conceptos involucrados. La evaluación se basa en el trabajo del día a día, dando importancia a los procesos de retroalimentación del alumno. Por otro lado, plantea dificultades como la exigencia del profesorado de una concepción de ciencia y enseñanza no demasiado extendida entre los profesores. La estrategia también exige cambios paralelos a los que se tratan de promover en el profesor. Mientras que intenta abrir nuevas zonas de exploración para el alumno, el profesor debe conocer el tema en profundidad para que pueda ayudar los alumnos a extender el dominio de su conocimiento.

La **explicación y contraste de modelos** propone la educación como un escenario de adquisición de conocimiento distinto al de la investigación, dotado de metas y actividades diversas. El profesor debe ofrecer modelos alternativos y contrastar, reconstruir e integrar los valores, métodos y sistemas conceptuales utilizados en la ciencia a través de la ayuda pedagógica, y no a partir del descubrimiento personal por parte de los alumnos. En su concepción del conocimiento debe adoptar una posición constructivista. Su meta es el conocimiento de diversos modelos de interpretación de la naturaleza, con vistas a la comprensión de los fenómenos, pero también de los procesos utilizados. El núcleo organizador son los modelos, la forma en que se representa un dominio dado.

Didácticamente es una propuesta heterogénea, con la integración de diversas actividades de aprendizaje y enseñanza, y caracterizada por la complejidad y diversidad de las situaciones en aula. El profesor asume diversos papeles: recupera la tarea de explicar, aunque

mediante el diálogo que también debe estar reflejado en la evaluación. Esta debe promover la reflexión, exigiendo del alumno explicitar, describir y argumentar, buscando que él comprenda qué hay de verdadero en diversos modelos o teorías. Su principal dificultad está en la inducción de un relativismo que puede vaciar de sentido la comunicación científica, además del problema de la transferencia de los modelos aprendidos a nuevos dominios. En la práctica, también se observa un enfoque en el conocimiento conceptual, pese a la necesidad de destacar los procesos involucrados en la construcción de modelos.

Otro acercamiento, no tratado por Pozo y Gómez Crespo (1998) es la **educación en ciencia, tecnología y sociedad (CTS)**. López Cerezo (1998) identifica tres acercamientos distintos a la educación CTS, con la adopción de distintos tipos de materiales didácticos y necesidades diferenciadas de formación del profesorado. Cada acercamiento posee sus ventajas y desventajas.

En primer lugar, la educación CTS como **complemento curricular** actúa en el sentido de complementar el currículo tradicional, con una disciplina CTS pura que introduzca al estudiante en los problemas sociales, ambientales, éticos y culturales que plantean la ciencia y tecnología, a través de un curso monográfico. Predominan los contenidos no técnicos, con el objetivo de transmitir una conciencia crítica e informada sobre la ciencia y la tecnología.

La educación CTS como **complemento disciplinar** se propone complementar los temas tradicionales con elementos CTS, al final de los temarios o de manera intercalada con otros contenidos. Se trata de un eje transversal, con el predominio de contenidos técnicos en las disciplinas y el mismo objetivo anterior; busca volver más interesantes los temas puramente técnicos y servir de estímulo al aprendizaje de las ciencias.

Por último, la **ciencia y tecnología a través de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad** implica la reconstrucción de los contenidos de enseñanza de ciencias según una óptica CTS, con la fusión de los contenidos técnicos y CTS. La estrategia parte de la selección de un problema y con esta base se estructura el conocimiento científico necesario para que el estudiante pueda comprenderlo. El objetivo es capacitar la comprensión de conceptos científicos y la problemática social, suscitando conciencia social y sentido de responsabilidad. Su puesta en marcha parece indicar una mejora en la creatividad y en la comprensión de los conceptos científicos, además de la generación de interés y compromiso personal, a través de la crítica social.

El análisis de los distintos acercamientos a la enseñanza de las ciencias revela algunas tendencias. En los supuestos epistemológicos se observa una evolución desde el realismo hacia el constructivismo y de la compatibilidad inicial hacia la incompatibilidad. Además, también se observa una dualidad, en relación con los enfoques expositivos y los enfoques centrados en el descubrimiento. Sin embargo, estos acercamientos no deberían ser incompatibles, sino integrarse en una estrategia que aprovechara las mejores cualidades de cada uno.

La principal dificultad de estas propuestas es el hecho de que las posiciones integradoras demandan de los profesores labores diferentes, y la adopción de muchos papeles a la vez. Esta integración puede proceder de la comparación entre modelos, de forma que cada profesor elija papeles de acuerdo con su concepción educativa. En conclusión, aprender a enseñar ciencia requiere cambios conceptuales procedimentales y actitudinales tan complejos como lo que se quiere aplicar a los alumnos (Pozo & Gómez Crespo, 1998).

4.1.2.1. El aprendizaje investigativo

Específicamente para el tema de los experimentos y de los entornos virtuales de aprendizaje en ciencias (*ver Capítulo 6*) dos de los acercamientos pedagógicos anteriores se muestran de mayor relevancia: el aprendizaje investigativo y el constructivismo, que se encuentran relacionados en su posición en cuanto a la construcción del conocimiento por parte del aprendiz.

Como se ha visto, el aprendizaje investigativo trata de que en la escuela los alumnos reproduzcan la práctica científica, como forma de aprender ciencias. De esta manera, la actividad científica se puede dividir en actitudes, herramientas y técnicas e interacción social. Estos tres elementos son soportados por un cuerpo de conocimientos que proporciona un contexto para la actividad científica. El objetivo es que los estudiantes también adquieran un conjunto de conocimientos situados en un contexto que refuerce la capacidad de su aplicación y su valor.

Las ciencias en las escuelas primarias pueden ser realmente divertidas. A los niños les intrigan siempre los problemas sencillos, sean inventados o reales, del mundo que les rodea. Si la enseñanza de las ciencias puede centrarse sobre esos problemas, explorando las formas de captar el interés de los niños, no hay ningún tema que pueda ser más atrayente ni excitante para ellos (Unesco, 1983).

El aprendizaje investigativo trata del desarrollo activo de la comprensión de la ciencia, a través de la combinación del conocimiento científico con habilidades de pensamiento y razonamiento. Busca, sobre todo, el desarrollo de pensadores, a través de la réplica de la actividad realizada por los científicos en la búsqueda de la verdad. Involucra, de esta manera, el desarrollo de actitudes científicas como la perseverancia, la toma de decisiones arriesgadas, la curiosidad y el ingenio. Se podría definir como:

El aprendizaje investigativo es un acercamiento al aprendizaje que implica un proceso de exploración del mundo natural o material, y que lleva a la formulación de preguntas, a la realización de descubrimientos y a la prueba rigurosa de estos descubrimientos en la búsqueda de nuevo conocimiento. El aprendizaje

investigativo, en su relación con la educación de ciencias, debe reflejar lo más cercanamente posible la empresa de hacer ciencia real (National Science Foundation, 2000).

El término *inquirir* proviene del latín “*inquirir*” y se compone de dos palabras latinas, “*in*” que quiere decir “hacia adentro” y “*quiere*”, el verbo “cuestionar”. Por lo tanto, el aprendizaje inquisitivo –o investigativo– implica una noción de profundidad, de penetrar en las cuestiones.

En la era moderna, el origen del aprendizaje investigativo se remonta al gran educador norteamericano John Dewey (1938), que postuló la integración del conocimiento de forma transversal a las disciplinas científicas, con el cultivo de hábitos mentales y del pensamiento disciplinado, y permitiendo que el aprendizaje se desarrolle de acuerdo con el crecimiento intelectual y las características propias de cada edad (Dow & Peter, 2000).

Entretanto, la investigación científica se caracteriza por mirar hacia los límites del conocimiento, buscando las limitaciones y contradicciones dentro de lo que se sabe, y buscando el pasaje entre lo desconocido y lo conocido. Se trata de un enfoque distinto al de la escuela tradicional, que se concentra en lo que se sabe o se supone que se debe saber, con poca preparación hacia lo que se desconoce. Sin embargo el “proceso de buscar problemas” es la esencia para que los aprendices descubran las cosas por su propia cuenta y para que sean autores de su conocimiento, elementos que constituyen la esencia del “*lifelong learning*” (St. John, 2000).

En el aprendizaje investigativo también hay lugar para la instrucción didáctica, entendida como un modo más eficiente para transmitir conceptos importantes, pese a que la investigación en educación cognitiva sugiera que mucho de lo que se aprende en este contexto tiene una baja retención. El reconocimiento de la necesidad de una comprensión de los principios científicos fundamentales plantea el problema de que los alumnos no van a descubrirlos por sí mismos, a través de la investigación, pero tampoco memorizándolos, por lo que se necesita una integración de estrategias pedagógicas.

De la misma manera, el diseño de actividades de ciencias es algo más que el contenido propiamente dicho. Una actividad incluye la definición de lo que los alumnos ejecutan, en relación con la materia correspondiente y cómo lo hacen. Los criterios adoptados son el ajuste del contenido curricular a la actividad, la oportunidad de que se opere el desarrollo de actitudes científicas y que los medios materiales y equipos no sean un obstáculo para estudiar el fenómeno a investigar (Harlen, 1989).

Por otro lado, sacar sentido de la experiencia necesita de reflexión, conversación, comparación de hallazgos con otros participantes y la aplicación de nuevos conceptos a otros contextos, motivo por el cual determinados principios constructivistas también son aplicables.

Sin embargo, en el aprendizaje investigativo se detecta el problema de que se parte del hecho de que los aprendices aprendan construyendo activamente, pero llegan a la conclusión

de otros. Aunque también se argumente que la combinación apropiada de materiales hará probable que los aprendices se muevan en dirección a una comprensión más profunda (Hein & Lee, 2000).

El aprendizaje investigativo demanda tanto la actividad física como la mental; de esta manera la evaluación del desempeño posee varios componentes. Es necesario evaluar en qué medida los alumnos son capaces de realizar procesos físicos (la medición, la observación), así como su nivel de habilidades de razonamiento (habilidad de sacar conclusiones, elección de métodos adecuados), además de verificar el conocimiento de conceptos y contenidos científicos.

Las actitudes que los alumnos deben adoptar son la búsqueda de cuestiones no respondidas, la adquisición de un compromiso con la búsqueda de la verdad (*ver 4.1.3.1*).

Dentro del aprendizaje investigativo también se verifican distintos tipos de actividades, estructuradas de forma que se puedan alcanzar objetivos específicos. La investigación guiada se utiliza para ilustrar un hecho o enseñar una habilidad concreta. Las actividades de tipo “desafío” son un método de involucrar a los estudiantes en el inicio de una unidad o sirven para evaluar su habilidad de aplicar el conocimiento al final de una unidad. La exploración abierta se puede utilizar cuando los estudiantes manejan bien el trabajo manual y han aprendido a auto-dirigirse. Los tres tipos de actividades se pueden utilizar en combinación, desde que se apareen las características de cada experiencia con los objetivos de aprendizaje (Kluger-Bell, 2000).

El aprendizaje basado en proyectos (o basado en problemas) examina las estructuras curriculares a partir de las actividades dirigidas a responder un conjunto de cuestiones de final abierto. El interés en fenómenos locales se justifica por la motivación de comprender el propio entorno y por el reconocimiento de que la ciencia es relevante para la vida personal, o por realizarse a partir de actividades dirigidas en comunidades escolares que buscan replicar la diversidad de perspectivas y de experiencias que componen la comunidad científica (Edelson, 1997). La instrucción basada en la observación de fenómenos reales y de preguntas significativas realizadas por alumnos y profesores pueden llevar a un mayor implicación emocional y comprensión cognitiva en comparación con la didáctica tradicional (Dow & Peter, 2000).

En la actualidad, la tecnología educativa surge como medio para sostener prácticas científicas auténticas en el ámbito escolar, con el objetivo de alcanzar el beneficio de la autenticidad. La autenticidad es un objetivo crucial del aprendizaje, en la medida en que el conocimiento y las habilidades producidas por las actividades educativas se relacionan con el contexto donde estas se encuentran situadas. Las características de la situación en la cual sucede el aprendizaje funcionan como un índice para la organización del conocimiento en la memoria (Edelson, 1997).

Pese a la necesidad de autenticidad, las actividades realizadas en el ámbito educativo deben solo **parecerse** a las actividades reales, pues hay diferencias sustanciales con las actividades realizadas por los científicos (Edelson, 1997).

La adaptación de las actitudes, herramientas y comunicación al entorno educativo debe tener en cuenta tres cuestiones para lograr un grado de autenticidad situado dentro de los límites prácticos del entorno de aula. El primer criterio es la estructura curricular; un currículo fijo concede poca flexibilidad en tiempo y en tópicos abarcados, dificultando la aplicación del aprendizaje investigativo. La capacitación del profesor debe prepararle para asumir el nuevo rol de facilitador, auxiliando en la formulación de preguntas y fomentando el debate científico. Por último, algunos recursos y herramientas, para que resulten adecuadas al aprendiz requieren modificación (Edelson, 1997).

Las herramientas y técnicas permiten la realización de la investigación y proporcionan un contexto compartido, que facilita la comunicación entre la comunidad. Por último, la interacción social, además de compartir resultados, pretende destacar cuestiones y preocupaciones comunes, consistiendo de una mezcla de cooperación, competición, acuerdo y argumentación.

En Estados Unidos, proyectos como *CoVis*, *Global Lab*, *Kids as Global Scientists*, *ScienceWare*, *Princeton Earth Physics Project (PEPP)*, *MicroObservatory Project* y *Hands on Universe* desarrollan materiales para su distribución entre los profesores participantes y utilizan herramientas y técnicas científicas, como la colección, intercambio y análisis de datos, la reunión y evaluación de pruebas, la comunicación y el trabajo colaborativo. En particular la reunión de pruebas se puede realizar a partir de la búsqueda en bases de datos, según el paradigma de ciencia virtual (*ver 6.2*).

En la ejecución de este tipo de proyectos se requieren estrategias, tanto tecnológicas como no tecnológicas, para establecer las estructuras curriculares adecuadas y preparar a los profesores para realizar de forma eficaz esta propuesta (Edelson, 1997).

Por último, Morse (1996) aboga por un paradigma para la puesta en marcha de las colaboraciones entre estudiantes y científicos, *Student and Scientist Partnership (SSP)*, con la creación de una comunidad de aprendizaje por un lado y, por otro, la posibilidad de que los científicos se involucren en la solución del problema de la alfabetización científica. Las asociaciones entre estudiantes y profesores constituyen un modelo de integración entre la investigación académica y la educación, abarcando un proceso que va desde el descubrimiento de nuevos conocimientos, pasando por la integración de lo que se sabe, hasta la transferencia a una audiencia más amplia.

Las características del trabajo conjunto dependen de una colaboración seria entre científicos y alumnos, involucrando a los alumnos en un trabajo de valor real para los científicos, y beneficiando tanto a la ciencia como a la educación. Para la ciencia, los beneficios son permitir

a los científicos extender sus actividades de investigación, proporcionar la capacidad de monitorización y observación de datos a escala mundial, producir resultados de investigación que de otra manera serían imposibles y extender la capacidad de la ciencia para tratar problemas a los cuales se enfrenta la sociedad y que demandan la implicación de la comunidad local y global (Doubler, 1996)

Este tipo de interacción es posible gracias a materiales y programas educativos preexistentes, basados en los conceptos de estándares curriculares en ciencia y del aprendizaje investigativo. Y también por un cambio en la mentalidad de los científicos hacia un concepto de investigación más asequible a la sociedad en general. Otro factor importante es el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, particularmente el uso de Internet en el aula, el abaratamiento de las herramientas de recolección de datos, su conexión a ordenadores y la utilización de *software* adecuado a la edad de sus usuarios para el análisis y comunicación de resultados. En Estados Unidos, por ejemplo, el nacimiento de asociaciones entre agencias gubernamentales, fundaciones privadas e industrias con el objetivo de financiar actividades de educación de ciencias también contribuyen a la ejecución de estos programas.

La dependencia mutua entre científicos y estudiantes puede constituir una fuerza para la reforma en la educación de ciencias. Además de campos disciplinarios propicios para la colaboración entre estudiantes –particularmente aquellos en que la investigación demanda muchos recursos humanos u observadores geográficamente distribuidos– la investigación debe atender al criterio de que alumnos y profesores sean capaces de comprender la ciencia involucrada y de que el coste de la instrumentación sea bajo.

Una clase especial de investigación propicia a la colaboración son los estudios a largo plazo, que requieren años de recolecta de datos; mientras que para los científicos estos estudios se presentan como un callejón sin salida en sus carreras, las escuelas son una base estable con un recambio regular de estudiantes dispuestos a hacer contribuciones a la ciencia (Tinker, 1996).

La ciencia y la educación se pueden entender como dos culturas ricas en valores, tradiciones, objetivos y necesidades. Estas dos culturas se encuentran tradicionalmente conectadas, mediante una relación unívoca: la ciencia adquiere conocimiento y la educación lo transmite. El nuevo paradigma, por otro lado, postula la creación de nuevo conocimiento y de nuevas formas de aprender, con un cambio de un modelo de “estudiante como recipiente” hacia un modelo de “estudiante como socio”. La “fertilización cruzada” entre estas dos culturas puede llevar a beneficios más profundos (Barslow, 1996)

Algunas similitudes entre las dos culturas son la interdisciplinariedad, la colaboración y la utilización de la tecnología. Entre las diferencias, destaca la de las escalas de tiempo, pues la unidad para la medición de progresos en ciclos de corto plazo varía bastante, de tres años para los científicos, a semanal o a menos de un año para los alumnos. Surge entonces la necesidad de

proporcionar informes de progreso o involucrar a los estudiantes en otras fases de la investigación, para equiparar esta diferencia.

Por otro lado, los errores, en la ciencia se deben evitar, mientras que en la escuela son una oportunidad para aprender. El centro y objetivo de la comunicación realizada durante la investigación es distinto; en la ciencia predomina la atención en la disseminación de los resultados y la discusión con la comunidad científica, mientras que en la escuela, la comunicación se centra en los procesos de aprendizaje. En este sentido la colaboración estudiantes-científicos puede enriquecer la comunicación, haciéndola más eficaz, dado que los científicos dominan la precisión, los profesores la claridad y los estudiantes la espontaneidad.

En suma, las asociaciones estudiantes-profesores deben buscar las “tres autenticidades”. En primer lugar, realizar una ciencia auténtica, en el sentido de que debe encontrarse de acuerdo con la cultura y métodos de la ciencia. En segundo lugar, lograr una educación auténtica, dotada de objetivos claros y reales, más allá de la simple motivación proporcionada por el contexto de la participación en la investigación auténtica y que desarrolle conocimientos, habilidades y actitudes científicas. Por último, debe tratarse de una asociación auténtica, de un “*enlightened self-interest*”, con el deseo real de participar y de respetar la otra parte, con la preparación para nuevas ideas en la percepción del otro dominio y de su propio (Barslow, 1996). En resumen, “la colaboración exitosa dependerá de los estudiantes, profesores, y científicos y de su comprensión del lenguaje, valores, prioridades y métodos de cada uno” (Doubler, 1996).

Por otro lado, mientras que la colaboración puede ocurrir en varias fases de la investigación, pocas veces abarcará su esfuerzo completo. Esto es prejudicial para la actividad educativa, pues los estudiantes deben ver la ciencia como un todo, como un proceso creativo y dinámico con la definición, planificación, diseño y revisión de los protocolos y análisis de los resultados, mientras que si se limitan a reunir datos no tendrán esta percepción. Entre los principales desafíos, destacan la posibilidad de afectarse la validez de la investigación científica. Relacionado con esta cuestión se encuentra la calidad de los datos proporcionados por los estudiantes, una cuestión que debe tratarse explícitamente, por ejemplo, a través de experiencias de aprendizaje específicas que les hagan reflexionar acerca de la precisión (Doubler, 1996).

También cabe notar que un tipo de asociación similar se realiza desde hace más tiempo, a través de la comunidad científica informal: los científicos amadores, con especial destaque para el caso de los astrónomos, tienen una larga tradición de participación y colaboración con la ciencia institucionalizada (Morse, 1996)

En la actualidad, se detecta una dificultad de ampliar la escala de los proyectos existentes para efectuar un cambio real sobre el sistema. Para solucionar este problema, se aboga por la necesidad de creación de un campo de actuación y de una comunidad con sus propias

técnicas, metodologías, publicaciones e intereses profesionales. Solamente el esfuerzo a largo plazo podrá consolidar el conocimiento, superar las barreras, crear una comunidad de investigación y realizar este cambio de escala (Tinker, 1996).

4.1.2.2. Las concepciones constructivistas del aprendizaje

El enfoque constructivista concibe el aprendizaje como un proceso de transformación mental, con la reconstrucción del conocimiento a nivel personal para su apropiación.

Las corrientes constructivistas, en la actualidad, examinan la “forma en que el conocimiento científico se elabora en la propia evolución de las disciplinas, se aprende desde el punto de vista psicológico y se distribuye y se divulga en la nueva sociedad de la información y el conocimiento ya en las puertas del siglo XXI” (Pozo & Gómez Crespo, 1998)

La revisión de las teorías constructivistas del aprendizaje se distingue en tres líneas fundamentales. En la primera, partiendo de la tradición de Kant y explorada por Dewey, cada persona forma su propia representación del conocimiento, según su experiencia personal. En cambio, a Piaget se le atribuye el principio de que el aprendizaje ocurre durante la exploración activa del dominio del conocimiento y se produce al percibir deficiencias en el conocimiento actual o en desfases entre una representación del conocimiento y la realidad. Se trata del constructivismo psicológico, con énfasis en el desarrollo cognitivo y en los intereses y necesidades de los aprendices.

Por último, Vygostky postula que el aprendizaje ocurre en el contexto social. En este sentido, las funciones mentales superiores aparecen dos veces, primero en la interacción entre las personas y luego dentro de las personas. La teoría socio-cultural de Vygotsky asume la importancia del concepto de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), formada por la diferencia entre lo que un aprendiz es capaz de hacer sin ayuda externa y la capacidad del aprendiz en la interacción con otros. En esta zona de construcción, el aprendiz puede operar en prácticas ligeramente superiores a su propia capacidad. Basados en estos amplios principios, se generan acercamientos pedagógicos como la enseñanza expositiva e incluso el aprendizaje investigativo.

Según Moshman (1982), los acercamientos al proceso de enseñanza-aprendizaje basados en estos principios son el constructivismo endógeno, el constructivismo exógeno y el constructivismo dialéctico. El constructivismo endógeno enfatiza el carácter individual de la construcción del conocimiento. Los profesores actúan como proveedores de experiencias que cambien los modelos existentes de representación del conocimiento por los aprendices. El

constructivismo exógeno propone la instrucción formal en conjunción con ejercicios que hagan al aprendiz cognitivamente activo y que ayuden los aprendices a formar y refinar sus representaciones del conocimiento. Por último, en el constructivismo dialéctico el aprendizaje ocurre a través de la experiencia realista, pero los aprendices necesitan un “andamiaje”, proporcionado por profesores o expertos.

Este concepto de “andamiaje” se define como:

Esencialmente significa hacer algo del trabajo para el estudiante que no se encuentra preparado para lograr una tarea de forma independiente. Como la ayuda que los trabajadores de la construcción utilizan en los edificios, el andamiaje se considera algo temporal. Se encuentra allí para ayudar a la finalización de una tarea y eventualmente se quita. (Bruner, 1984).

El aprendizaje es un proceso que en última instancia sucede en la mente del aprendiz. Cuando estos interactúan con el mundo físico, la experiencia se puede incorporar de dos modos; en primer lugar la información aumenta, pero no entra en conflicto con el conocimiento previo; en segundo la información no es esperada, demandando una reorganización de las ideas, una reestructuración activa del pensamiento.

Los conceptos y relaciones en términos de los cuales percibimos y concebimos el mundo experimental en que vivimos son necesariamente generados por nosotros. En este sentido, somos nosotros los responsables del mundo que estamos experimentando (...) [Esto] no sugiere que podamos construir cualquier cosa que queramos, pero afirma que dentro de las restricciones que limitan nuestra construcción hay espacio para una infinitud de alternativas (von Glasersfeld, 1995).

El conocimiento previo es un concepto de reciente incorporación a la práctica pedagógica. Previamente se describía el fenómeno relacionado de forma que implicaban una determinada interpretación con la utilización de conceptos sesgados para enfatizar el error de los estudiantes, como “concepciones *näive*” para contrastar con la experiencia del profesor o “nociones intuitivas” o de “sentido común” para enfatizar que su poseedor no estaba bien informado. Los estudiantes suelen resolver el conflicto cognitivo separando la ciencia de la escuela de sus experiencias cotidianas; se opera una división entre explicaciones científicas y explicaciones del mundo “real”. Las concepciones previas son aquellas construcciones más viables para dar sentido a la realidad.

Los estudiantes necesitan tiempo para experimentar y reflexionar sobre esta experiencia en relación con lo que ya saben y solucionar los conflictos que surgen. Este proceso de “negociación del significado” también ocurre entre individuos dentro de un mismo grupo; cuando una de las personas del grupo comprende como otras dos están razonando, es posible

discutir similitudes y diferencias entre teorías. Es la justificación de una posición y la selección de aquellas teorías viables lo que lleva al consenso (Lorsbach & Tobin, 1992).

Una tipología de enseñanza y aprendizaje investigativo clasifica a las experiencias en: experiencias “*hands-on*”, experiencias estructuradas, investigación guiada, investigación dirigida por el estudiante e investigación del estudiante. En esta clasificación, se observa la existencia de un *continuum*, desde el control por parte del profesor hacia el control por el alumno, lo que se relaciona con el componente constructivista de este tipo de aprendizaje. Desde el desarrollo cognitivo exógeno, motivado externamente y medido a través de la capacidad del alumno de reproducir lo que el profesor dice, hacia el endógeno, donde se opera la reconstrucción interna de la información y medido por la creatividad y por la capacidad de resolución de problemas frente a nuevas situaciones. El enfoque también cambia, desde la enseñanza hacia el aprendizaje (Bonnster, 1998).

A partir de la perspectiva de la educación CTS, los eventos contemporáneos se pueden utilizar como factor de motivación para que los alumnos lean, comprendan y expresen opiniones sobre temas científicos, mientras desarrollan la comprensión de conceptos. La elección de temas, por otro lado, resulta en un aprendizaje relevante y significativo. Por otro lado, lo contemporáneo es desconcertante para los aprendices que suelen aprender ciencia utilizando voces pasadas (Bennett, 1999b).

En este sentido, las discusiones colaborativas permiten a los estudiantes desarrollar sus propias ideas, desarrollarlas lógicamente y asimilar estrategias para la solución de problemas. A través de la realización de conexiones con sus propias experiencias, con el aprendizaje realizado por sus pares, del registro de sus reflexiones, se cultivan hábitos de aprendizaje y actitudes. Este acercamiento de discusión abierta favorece el reconocimiento de las teorías ajenas y la auto-expresión de la opinión.

4.1.3. Áreas de desarrollo del conocimiento científico

La educación científica tiene como objetivo conseguir que los alumnos construyan actitudes, procedimientos y conceptos que por sí mismos o en los contextos cotidianos no podrían crear. Se necesita una ayuda pedagógica para que el alumno acceda a formas de conocimiento que le serían distantes de otra manera, teniendo en cuenta la distancia entre la mente del alumno y el conocimiento científico. Esta afirmación parte del presupuesto de que la adquisición del conocimiento científico, frente a las estructuras conceptuales y estrategias utilizados en la vida cotidiana, no es un producto espontáneo (Pozo & Gómez Crespo, 1998).

En la enseñanza primaria, la mayor contribución de la educación de ciencias son las formas de descubrimiento y manejo de pruebas, las actitudes alrededor de estas actividades y la comprensión del mundo circundante. Esto abarca tanto a los procesos y productos de la ciencia, de forma que ambos están implicados conjuntamente:

Las técnicas de procedimiento no pueden utilizarse ni desarrollarse independientemente de los conceptos ni de los conocimientos y, al contrario de los conceptos y conocimientos no pueden aprenderse exclusivamente mediante la comprensión sin emplear técnicas de procedimiento (Harlen, 1989).

A los conceptos y procedimientos, sin embargo, también es necesario añadir la adquisición de actitudes, que surgen como elemento de extrema importancia en la enseñanza de las ciencias.

4.1.3.1. Cambio y adquisición de actitudes

Las actitudes científicas se pueden definir como las “predisposiciones hacia las actividades implicadas en las ciencias, como el uso de las pruebas, la creación de ideas y el tratamiento de los ambientes naturales y artificiales de determinadas formas” (Harlen, 1989).

La existencia de una actitud implica un comportamiento determinado, ante un conjunto de situaciones semejantes. Las actitudes facilitan o limitan la aplicación de técnicas e ideas científicas. Por ejemplo en su relación con los procedimientos (*ver 4.1.3.2*), sería inútil reunir evidencias si el individuo no se encuentra dispuesto a cambiar sus creencias (Ash, 2000).

Las actitudes más importantes son básicamente las mismas que los científicos deben adoptar en su labor. La **curiosidad** es el deseo de conocer, de probar experiencias nuevas, de explorar; es una actitud que ayudará en el aprendizaje de cualquier tipo. Cabe destacar que la curiosidad no puede enseñarse, es algo natural y que no debería reprimirse en el sistema formal de educación. Por otro lado, los museos y centros de ciencia pueden desempeñar este papel, a través del sentido de asombro que suelen despertar en sus visitantes.

El **respeto por las pruebas** se relaciona con el fin de conseguir y utilizar pruebas que avalen y desarrollen las ideas. En los alumnos, se manifiesta a partir del deseo de conocer cómo se justifican las afirmaciones de los profesores; es una actitud que se debe preservar y desarrollar, a través de la presentación de las mismas, siempre que sea posible, por parte del profesor.

La **flexibilidad mental** se relaciona con el hecho de que los conceptos van cambiando a medida en que la experiencia confirma las evidencias. Ante la ausencia de esta

flexibilidad, un alumno no podría modificar sus concepciones y desarrollar su pensamiento, frente a la experiencia que manifieste un conflicto con sus conocimientos previos.

La **reflexión crítica** tiene lugar en el momento de revisar el trabajo realizado, con vistas al perfeccionamiento del alumno. Se relaciona con los puntos anteriores, pero también trata de la realización de esfuerzos más conscientes y de utilizar la reflexión como algo de lo que se puede aprender (Harlen, 1989).

Pozo y Gómez Crespo (1998), identifican además actitudes relacionadas con las disposiciones ante la ciencia, ante el aprendizaje de las ciencias y ante las implicaciones sociales de la ciencia.

Las actitudes ante la ciencia engloban su concepción como herramienta de indagación del mundo, a través de una actitud crítica y reflexiva, que la conciba más como un método que como un conjunto de respuestas prefijadas. Las actitudes ante el aprendizaje de la ciencia se relacionan con la concepción del aprendizaje de modo constructivo y profundo, con la valoración de la ciencia y del esfuerzo dedicado, de la motivación, de las actitudes hacia compañeros y profesores. Por último, las actitudes ante las implicaciones sociales de la ciencia, o el denominado enfoque CTS, se vinculan con la relación existente entre ciencia, técnica y cambio social, posibles implicaciones ideológicas y también a hábitos de consumo.

Los contenidos actitudinales se encuentran dentro de un marco de aprendizaje implícito. La formación de actitudes supone dificultades metodológicas, pues estas son “omnipresentes pero ausentes de nuestro sentido”, no son responsabilidad de ninguna materia en concreto y difícilmente se pueden fragmentar en secuencias de conceptos. Requieren un trabajo continuo a largo plazo. La incorporación de actitudes también supone un planteamiento transversal, dentro de cada materia y a través de las materias, ya que no se adquieren como otros contenidos del aprendizaje.

Entre los contenidos sobre actitudes se pueden distinguir el componente conductual que abarca a las reglas o patrones de conducta; el componente cognitivo, constituido por las normas, ideas o creencias de comportamiento, y por último, a la dimensión afectiva, compuesta de los valores y del grado de interiorización de los principios que rigen las normas.

La educación sobre actitudes persigue el cambio de valores, para que la conducta se atenga a normas preestablecidas; sin embargo este cambio no se logra mediante discursos éticos, sino trabajando a partir de actitudes concretas y mecanismos de aprendizaje específicos, en un proceso complejo de interacción social, más que con una influencia unidireccional. En el currículo de ciencias esto supone cambiar los valores respecto a la naturaleza de la ciencia, pero también respecto a la actividad del alumno en el aula, a sus relaciones con compañeros y profesores, a la sociedad y a la resolución de problemas en la esfera social.

El aprendizaje de actitudes frecuentemente se da a través del aprendizaje por imitación de modelos, por ejemplo en el caso de la adquisición de pautas de conducta simples. Por tratarse de un proceso implícito, se requiere conciencia de lo que se expresa mediante las conductas de los propios profesores, pues estos están transmitiendo actitudes en cada momento. Por otro lado, la imitación de modelos también viene por implicación personal o identificación con el modelo; es el caso de los procesos de conformidad con la presión grupal o la firmeza para mantener la identidad frente a las normas impuestas por un grupo mayoritario.

El cambio de actitud, frente a la existencia de otras actitudes previas, es un ejercicio continuado, más que una persuasión. Los cambios de actitudes requieren cambios socio-cognitivos que impacten sobre el equilibrio de los tres componentes de una actitud. Los conflictos basados en desajustes sociales involucran la actitud propia frente a un grupo de referencia, buscando la identificación del individuo con el grupo. Por otro lado, los desequilibrios internos reciben el nombre de disonancia cognitiva, que como concepto, también se puede utilizar en el cambio de actitudes. Este tipo de proceso busca el cambio de las creencias con el objetivo de adecuarle a las conductas. Pero este tipo de cambio hay que realizarlo con precaución, para que se perciba la conducta de forma autónoma.

Relacionada con las actitudes se encuentra la cuestión de la motivación y de su importancia en el aprendizaje. Tradicionalmente se ha asignado la responsabilidad de la motivación a los alumnos, considerando su falta de interés por el conocimiento o por el esfuerzo intelectual. Sin embargo, la cuestión de la motivación es más compleja, entendida no solamente como causa sino también como consecuencia. En este sentido, los “alumnos no aprenden porque no están motivados, pero a su vez no están motivados porque no aprenden” (Pozo & Gómez Crespo, 1998). La motivación, entonces, también es resultado de la forma en que se enseña ciencia y se concibe como la interacción entre la expectativa de éxito de una tarea y el valor concedido a este éxito.

La **expectativa de éxito** en determinada tarea debe servir de motor para la motivación. Algunas recomendaciones son: ayudar a comprender por qué se aprende y auxiliar en la identificación de las dificultades y en la regulación del aprendizaje. Este valor informativo y reflexivo tiene como objetivo comunicar que el fracaso es algo controlable, frente a una concepción del fracaso determinada únicamente por factores ajenos. La adecuación de las tareas a las habilidades reales de los alumnos supone tener en cuenta las dificultades en el aprendizaje de conceptos y procedimientos.

El valor concedido al éxito se puede medir en función de la motivación extrínseca o de la motivación real. La motivación extrínseca engloba al sistema de recompensas y castigos, influenciado en gran medida por las teorías conductistas del aprendizaje. Trata los deseos socialmente definidos, el reconocimiento social y la autoestima. Su principal limitación es que los

resultados dependen del mantenimiento del sistema de recompensas. En concreto, si lo que es aprendido no se percibe como algo significativo, el aprendizaje será poco eficaz, incluso con el riesgo de lograr aversión y actitudes negativas hacia el aprendizaje de ciencias.

La motivación real se relaciona con el descubrimiento del interés y el valor de indagar sobre el mundo y su naturaleza y es intrínseco a lo que se aprende. Se trata de un esfuerzo en aprender, más que en aprobar materias o lograr buenas calificaciones. Este tipo de motivación se encuentra más a menudo en los contextos de instrucción informal, donde se verifica la ausencia de presión social por aprender y se encuentra asociado a una concepción de autonomía en el aprendizaje, con la definición de metas y la participación en comunidades que interioricen los mismos valores. Para lograr una motivación real, el punto de partida son los intereses mismos de los alumnos. Hay que establecer una conexión con su mundo cotidiano. Además, se verifica la necesidad de hacerlo partícipe de las metas, de las concepciones distintas de qué hacer en aula, factores que por general no llegan a explicitarse.

4.1.3.2. La adquisición de procedimientos científicos

En el dominio de la adquisición de procedimientos, el aprendizaje investigativo asume un mayor protagonismo, debido a su condición de “aprender haciendo”. Se trata de un método de interacción con el mundo de un modo científico, con la utilización de habilidades de proceso (Ash, 2000), que se detallan a continuación.

La **concepción de la investigación** es un proceso teórico, que implica la planificación y la anticipación de resultados. Aunque sus etapas puedan variar, por lo general consiste en la definición del problema en términos operativos, es decir, qué efectos han de ser medidos o comparados; la planificación general, con la identificación de las variables independientes, de las variables de control y de las variables dependientes; la planificación a nivel específico con el intento de identificar los detalles y los problemas prácticos que puedan ocurrir. También se define el orden de los pasos a seguir, resaltando la necesidad de pensar para después actuar. En este proceso, es fundamental asegurar que el problema original esté claro (Harlen, 1989).

La **observación** es la observación meticulosa, de carácter científico, y se realiza a través de actividades como la toma de notas y la comparación buscando las similitudes y las diferencias de las propiedades observadas. La observación proporciona las pistas para que las ideas puedan ser verificadas y debe proporcionar datos relevantes y fiables (Ash, 2000). Supone, además, el empleo de los sentidos para captar información relevante del entorno, pero se trata más de una actividad mental, que de una respuesta a estímulos. Involucra el desarrollo gradual,

hacia la selección de lo relevante de entre lo irrelevante, en el contexto de una determinada investigación o problema. Se puede aplicar a la observación de hechos que evolucionen con el paso del tiempo o a la observación de un proceso en su desarrollo más que sólo al principio y al final (Harlen, 1989).

El **cuestionamiento** es la realización de preguntas acerca de las observaciones, preguntas éstas que puedan llevar a la realización de investigaciones. Es una habilidad situada en el centro mismo del proceso de investigación y necesita de la curiosidad y del deseo de comprender el mundo, como elementos motores. En la ausencia de un conocimiento previo suficiente para la realización de una hipótesis que sirva de punto inicial para la investigación, el cuestionamiento proporciona este comienzo (Ash, 2000). Constituye además un medio para enlazar las experiencias vividas, facilitando la construcción de una imagen propia del mundo. Asimismo es importante realizar una distinción entre las preguntas relacionadas con la actividad científica y aquellas que no, por ejemplo cuestiones filosóficas que no se puedan contestar a partir de la observación o de la argumentación lógica, o aquellas que implican un juicio estético. En este sentido, las preguntas deben ser cuestiones relativas a qué hay en el mundo, y de cómo este se comporta. Otro tipo de preguntas, son aquellas que no poseen respuestas puramente objetivas o que requieren respuestas complejas, que los profesores desconocen o para las cuales los niños carecen de los conceptos necesarios su comprensión. En estos casos, surge la oportunidad para definir cuestiones comprobables o que puedan ser investigadas (Harlen, 1989).

El **planteamiento de hipótesis** sirve para proporcionar explicaciones coherentes con las observaciones realizadas y como elemento de vinculación entre la información de experiencias pasadas que pueden explicar cómo y por qué ocurre un evento. Se realiza después de haber observado, comentado, cuestionado y explorado los materiales y es un proceso de acumulación y síntesis de la información recogida (Ash, 2000). Una consideración terminológica: la palabra “hipótesis” resulta difícil de pronunciar o escribir para los alumnos, además de sonar demasiado “científica”. Sin embargo, debería utilizarse para retratar el carácter provisional y sujeto a prueba del conocimiento científico (Harlen, 1989).

La **predicción** consiste en la sugerencia de eventos en el futuro, con base en las hipótesis. Es un elemento central para el proceso de prueba, en el sentido de que va más allá que las pruebas disponibles. Las predicciones consisten en hechos dentro del radio de acción de la información original. Las extrapolaciones son afirmaciones que van más allá de este límite.

En la **interpretación de datos** se realiza la síntesis del proceso buscando la obtención de conclusiones, la identificación de patrones y la realización de asociaciones entre variables. Se trata en última instancia de relacionar los hallazgos con las cuestiones iniciales y con las observaciones realizadas. La interpretación, como ordenación y uso de lo que se conoce en determinado momento, supone que los datos ya han sido recogidos. Se trata de un procedimiento

lógico, que pretende encajar diversos elementos de información y observaciones, para deducir o “concluir” algo.

En cambio, la **inferencia** es la interpretación que va más allá de la búsqueda de pautas en los datos, para sugerir explicaciones de su existencia. La inferencia es distinta a la predicción pues, al contrario de esta, no exige el mismo tipo de pruebas para su validación, sino una información distinta o la realización de una investigación diferente.

Por último, la **comunicación** involucra los procesos de informar a las otras personas – pares y profesores– a través del medio oral, escrito o representativo (diagramas y gráficos) los resultados. Más allá que el intercambio de conocimiento, también implica un discurso social que contribuya al aprendizaje individual. Se trata de la “extensión del pensamiento al exterior”, por un lado, pero también de un proceso de recomposición del conocimiento, relacionando ideas y rellenando lagunas.

En su aspecto formal, la comunicación tiene como objetivo compartir ideas, estimular el interés y exponer explicaciones. Para alcanzar estos fines surge la necesidad de una estructura, por ejemplo coloquios en el caso de la comunicación verbal o informes de trabajo, que a la vez pueden incluir otros modos de representación – dibujos, diagramas, tablas, gráficos – en la comunicación no verbal. Por otro lado, la comunicación con los pares permite el acceso a interpretaciones alternativas o ayuda a superar alguna dificultad de comprensión. El diálogo informal, en el recreo o fuera del colegio, es una forma menos estructurada de comunicación, que sin embargo facilita adquirir conciencia de que las ideas de los otros pueden ser distintas. Las anotaciones informales, son aquellos registros personales que sirven de prolongación de la memoria, de uso propio y no dirigido hacia ningún público particular.

Mientras que algunas de estas habilidades son más frecuentes que otras, todas son necesarias para la realización de una investigación completa. Pese a que se integran de forma coherente, también es necesario desarrollarlas de forma explícita (Ash, 2000).

4.1.3.3. Adquisición de conceptos científicos

Según los criterios de Harlen (1989), la selección de conceptos –entendidos como “la relación entre cosas que toman parte en un proceso”– debe obedecer a criterios que ayuden a comprender hechos cotidianos, que tengan capacidad de ser aplicados a la experiencia cotidiana, de su alcance, en función de la experiencia y la madurez intelectual de los alumnos, de su posibilidad de servir como base para el desarrollo posterior y de ser accesibles y comprobables a través de técnicas de procedimiento científico.

Martín Díaz (2002) destaca el papel de la funcionalidad de los contenidos en la enseñanza de ciencias, con la percepción de que este aprendizaje encierra utilidad, para una mejor comprensión del mundo, para la toma de decisiones y para la expresión de opiniones. Estos objetivos se buscan a través de “actividades que trasciendan la barrera académica”, relacionadas con la vida cotidiana.

Hawkins (1978) analiza lo que denomina “fenómenos de barrera crítica” en el aprendizaje de las ciencias, observados en muchos contextos, por ejemplo en cuestiones de escala –relaciones entre longitud, área, volumen– calor, mecánica elemental, aire y agua, óptica, y que suponen barreras para el aprendizaje. El autor afirma que estos fenómenos comparten características comunes, suficientemente uniformes para el establecimiento de una generalización. Aparecen en temas “elementales” en la ciencia, no en el sentido de facilidad o como obviedades, pues muchas veces se trata de cuestiones profundas y no intuitivas. En estos casos, la explicación didáctica no es suficiente para hacer comprender el concepto. Pero cuando sucede, la comprensión se acompaña de una fuerte experiencia emocional.

Se relacionan con el hecho de que existe algo profundo en la relación entre la ciencia y el sentido común, o modo perceptivo de pensamiento, un hecho no suficientemente reconocido como desafío en la comprensión del aprendizaje humano. También hay una distinción entre el aprendizaje concebido como recepción, retención y recuerdo de información codificada y transmitida verbalmente y el aprendizaje entendido como el desarrollo de hábitos intelectuales para la transformación de la información verbal o sensorial con el objetivo de hacerla congruente, logrando un mayor nivel de comprensión conceptual. En las barreras críticas, esta última concepción ha fracasado y si el aprendizaje ha sucedido de la primera manera, la no retención del conocimiento es inevitable.

La importancia de esta consideración se centra en dos puntos. Los ejemplos elementales, en las áreas mencionadas, son requisitos previos pasados por alto en la cultura científica más básica, pero conocimientos necesarios para el día a día. Por otro lado, el argumento de que la cultura científica es problemática debido al nivel cada vez más sofisticado y especializado del conocimiento científico es contrarrestada por el hecho de que las ideas más

básicas en ciencia, una vez dominadas y apreciadas, pueden hacer el mundo de la ciencia inteligible (Hawkins, 1978).

Por otro lado, se produce una tensión, entre las capacidades constructivas de los aprendices y lo inadecuado de su conocimiento, con la creación de la “paradoja de la continuidad”: ¿cómo las ideas de los estudiantes pueden ser a la vez equivocadas y medios de construcción del conocimiento?

La adquisición de nuevo conocimiento reutiliza el conocimiento previo, a través de un proceso de refinamiento y de acomodación dentro de una estructura preexistente derivada de las normas del discurso social de una comunidad de práctica. Se trata de un proceso continuo y progresivo, con la variación y selección entre sistemas interrelacionados de conocimiento, más que con la sustitución propiamente dicha.

El fenómeno del conocimiento previo existe no solo en el ámbito de los conceptos, sino también en los de la percepción, del foco de atención, de las habilidades de procedimiento y de los modos de razonamiento. Afecta, por ejemplo, a la forma en que los estudiantes interpretan instrucciones concretas.

Algunos atributos del conocimiento previo son, en realidad, atributos del aprendizaje: cuando las experiencias de aprendizaje son más concretas, familiares e interactivas, la resistencia puede desaparecer llevando a la construcción de conceptos.

Para superar la paradoja de la continuidad, se deberían estudiar los casos de éxito, entender el conocimiento previo como una colección desorganizada de bloques de construcción más que como un conjunto estanque de conceptos erróneos y entender el aprendizaje como una transformación a largo plazo que produce “todos” integrales, que coordinan partes preexistentes (Roschelle, 1995).

4.2. El aprendizaje en los museos y centros de ciencia

4.2.1. El concepto de educación informal

A título de definición, consideramos como formal “el ‘sistema educativo’ altamente institucionalizado, cronológicamente graduado y jerárquicamente estructurado que se extiende desde los primeros años de escuela primaria hasta los últimos años de universidad”. La educación no formal es “toda actividad organizada, sistemática y educativa, realizada fuera del marco del sistema oficial, para facilitar determinadas clases de aprendizaje a grupos particulares de la población, tanto adultos como niños”. Por último, la educación informal engloba “un proceso que dura toda la vida y en el que las personas adquieren y acumulan conocimientos, habilidades,

actitudes y modos de discernimiento mediante las experiencias diarias y su relación con el medio ambiente” (Coombs & Ahmed, 1974).

Lo “formal”, lo “no formal” y “lo informal” pueden referirse tanto a la metodología, en otras palabras al procedimiento educativo, cuanto al agente, es decir la institución o marco en que se genera el proceso educativo.

En conjunto, se trata de un concepto de exhaustividad, pues “la suma de lo educativamente formal, no formal e informal debería abarcar la globalidad del universo de la educación” (Trilla, 1992).

La educación no formal y la formal comparten un atributo común, la organización y la sistematización, que no se tiene en la educación informal. Esta frontera, de carácter “fuerte”, separa a la educación informal de las otras dos.

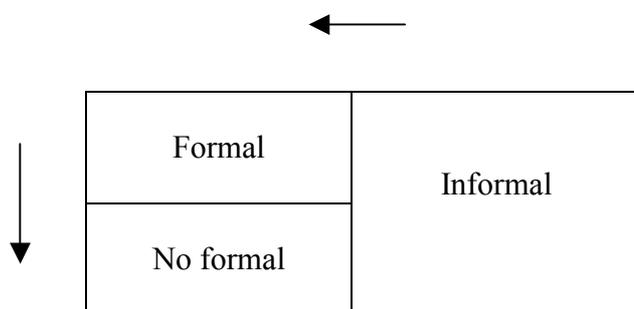


Gráfico 4.1. Fronteras de la educación formal, no formal e informal (Trilla, 1992)

Son muchas las propuestas para definir esta frontera. En primer lugar, el criterio de “procesos intencionalmente educativos” es cuestionable desde el punto de vista de que toda educación informal se realice de forma no intencional. El criterio de “carácter metódico o sistemático” implica una profundización en los conceptos de método y de sistema, por lo cual tampoco resulta útil a la hora de aplicar una taxonomía. Por lo tanto, parece más adecuado el criterio de la diferenciación y de la especialización de la función o del proceso educativo:

Quando el proceso educativo acontece indiferenciada y subordinadamente a otros procesos sociales, cuando aquél está inmiscuido inseparablemente en otras realidades culturales, cuando no emerge como algo distinto y predominante en el curso general de la acción en que transcurre el proceso, cuando es inmanente a otro cometido, cuando carece de un contorno nítido, cuando tiene lugar de manera *difusa*” (Trilla, 1992).

La frontera entre formal y no formal se puede definir a través de un criterio metodológico. La educación no formal ocurre fuera del marco convencional de la escuela y de sus procedimientos. En este sentido, la escuela se caracteriza por ser una forma colectiva y presencial, dotada de un espacio propio y de tiempos prefijados (horarios, calendario), con la

separación institucional de roles asimétricos y complementarios (profesor-alumno) y la preselección y ordenación de los contenidos. En la educación no formal se adoptan metodologías que se apartan de las formas canónicas o convencionales. Un segundo criterio, estructural, se basa en la inclusión o exclusión del proceso en el sistema educativo reglado. Se trata de una distinción administrativa, de carácter legal, de ahí su relatividad histórica y política.

Ambos criterios son parcialmente incompatibles, una escuela de artes marciales por ejemplo sería formal según el primer criterio y no formal bajo el segundo. Trilla (1992) se inclina por el criterio estructural, al entender que la educación no formal no es un método o una metodología. Es más, se aprovecha del privilegio de utilizar cualquier metodología, pues al estar situada fuera del contexto reglado goza de mayor facilidad para poner en marcha tendencias metodológicas, flexibles, abiertas o adaptables.

Por otro lado, en esta discusión también hay que considerar la educación como proceso holístico, con la influencia mutua de experiencias y donde se observan interacciones funcionales entre los distintos tipos de educación. Existen, por lo tanto, relaciones de complementariedad, con el reparto de funciones, de objetivos y de contenidos entre los diversos agentes educativos. Las relaciones de sustitución, por ejemplo, buscan asumir tareas que serían propias del otro sistema pero que no se realizan de manera satisfactoria. Suelen darse en aquellos contextos socioeconómicos con déficit de escolarización, o grupos específicos de la población cuyo acceso a la educación es problemático, y en los cuales se organizan programas de urgencia para paliar la privación cultural y educativa. Las relaciones de refuerzo y colaboración suelen utilizar recursos que proceden del exterior de las instituciones formales para utilización en su quehacer. Por último, las relaciones de interferencia se caracterizan por la existencia de contradicciones, de valores en conflicto e intereses enfrentados frente a un medio educativo totalmente ordenado y armónico.

Cabe destacar, que pese a su amplia utilización, esta clasificación y terminología se critica desde el punto de vista teórico. García Carrasco (1988), por ejemplo, hace referencia a la inadecuación semántica de estos términos, que poseen distintos significados en el lenguaje corriente y en el filosófico, y por lo tanto carecen de adecuación, padeciendo de la “infelicidad de las expresiones”. Además, los criterios de clasificación mencionados se refieren a aspectos superficiales del proceso educativo, criterios “extrínsecos” que no se diferencian en cuanto a los mecanismos internos de producción. En este sentido, la eficacia relativa de estas formas de educación no se encuentra en la estructura aparente o en la forma específica de la manifestación, aunque esta taxonomía trace una “geografía inicial del universo educativo”, de carácter superficial.

Según Trilla (1998), las instituciones no específicas de la educación no formal “asumen explícitamente funciones educativas sin que éstas sean la razón única y primaria de su

existencia” y organizan solo ocasionalmente, o de forma discontinua, las actividades educativas. Los programas de educación no formal nacen de demandas sociales reales, descuidadas por la organización educativa formal debido a su inercia o a la falta de sensibilidad en captar necesidades derivadas de las transformaciones tecnológicas y económicas. En este sentido, destacan las transformaciones en la actividad laboral, en la estructura familiar y en la vida cotidiana e incluso en el propio desarrollo de la pedagogía. Las nuevas demandas de la capacitación profesional y la inercia de los sistemas formales, caracterizados por una ineficacia a la hora de generar saberes prácticos han fomentado que surjan medios alternativos o complementarios. Colom Cañellas (1992) sitúa los métodos de educación no formal en función del ámbito supra-orgánico, de las áreas funcionales donde se aplican.

A la vez que el reconocimiento de que los sistemas educativos formales por si solos no son capaces de responder a las demandas y cambios promovidos por la sociedad tecnológica se debe apoyar por políticas educativas, también se precisa la creación de mecanismos de evaluación, certificación, garantía de la calidad y eliminación de barreras restrictivas (Dumistrescu, 1999). Asimismo, la educación no formal se concibe como parte integral de la educación de por vida, que tiene el objetivo de asegurar el mantenimiento de habilidades y actitudes necesarias para la adaptación constante a un entorno cambiante.

La educación no formal resulta de una acción voluntaria del individuo, de manera que posee un carácter activo. Su realización se da a través de actividades llevadas a cabo en empresas y asociaciones profesionales, de forma independiente por adultos auto-motivados o través del trabajo de comunidades orientado sobre todo a los jóvenes. Particularmente en relación con este último grupo social, se busca la interacción personal, la flexibilidad en la solución de problemas, la aceptación de responsabilidades y la práctica de toma de decisiones democráticas. Estas estrategias buscan el desarrollo de cualidades como la motivación, la percepción, la creatividad, el respeto, la independencia intelectual, el pensamiento crítico y la auto-confianza.

Friedman (2000) destaca la ausencia de centros académicos para la enseñanza del aprendizaje informal³ y la necesidad de convertirla en una disciplina científica, dotada de rigor académico, apoyada por revistas científicas, simposios y otros elementos accesorios del sistema. Aunque exista una comunidad potencial para la investigación en este campo, en realidad sus integrantes no comparten una organización profesional o un lenguaje especializado de investigación. En cuanto a la aplicación práctica, el objetivo final sería la capacitación de líderes que desarrollen y actúen en los centros interactivos de ciencia, los zoológicos y acuarios, los centros de actividad comunitaria y los proyectos multimedia y de comunicación de masa.

³ Una excepción es el programa SESAME, llevado a cabo en los setenta por la *University of California at Berkley*, un programa interdisciplinario dedicado a la investigación en teoría cognitiva y evaluación en entornos informales de educación.

En la definición del campo, es necesario, por lo tanto, recapitular qué se conoce y qué se necesita aprender, a través del establecimiento de una agenda interna. Las características de un centro dedicado a la educación informal serían la existencia de un profesorado interdisciplinario, con expertos en ciencias, psicología, educación, periodismo, negocios, artes, además de formación en distintos niveles académicos —postgrado, doctorado y master— y manteniendo a la vez estrechos vínculos con instituciones de enseñanza informal, con el objetivo de proporcionar entornos de investigación, prácticas, trabajos de tesis como forma de fomentar la capacidad de empleo.

El sector de la educación informal, que engloba a los museos y centros de ciencia, funciona como infraestructura invisible para el sector educativo, soportando la enseñanza de las ciencias en las escuelas, y más particularmente, la reforma de la enseñanza de ciencias. Según un estudio realizado por la ASTC, en Estados Unidos existe una institución informal por cada cincuenta escuelas y una por cada mil profesores de escuelas elementales. De este estudio también se desprende que los programas educativos orientados a las escuelas —preferentemente en las elementales— son una prioridad para los museos y centros de ciencia, a la vez que se caracterizan por financiarse localmente. Estos programas aportan distintos tipos y niveles de soporte, como por ejemplo el desarrollo profesional de los profesores y la asistencia con al currículo (ASTC, 1996).

Para Friedman (2000), el campo de la educación informal comparte problemas metodológicos de investigación con la realizada en la educación formal. Así, el “tratamiento” educativo no se comparte de forma idéntica por todos los individuos y el grupo de control raramente se puede aparear con el grupo experimental. En la práctica solo se mide una pequeña parte de los impactos cognitivos o afectivos de un programa educativo, de manera que resulta improbable que los estudios comparativos de eficacia generen resultados útiles.

4.2.2. Teorías y evidencias del aprendizaje en el museo

Los museos se han desarrollado paralelamente al estado nación como respuesta al reconocimiento de que el bienestar de los ciudadanos era responsabilidad del gobierno. En relación con los orígenes del museo, “la producción del conocimiento también suponía la transmisión de él con el fin de garantizar el futuro de la producción del mismo y de la comunidad que lo sustentaba” (Betancourt, s.d.). La visión tradicional de la educación en el museo proponía experiencias de clase, según programas de formación estructurados y formales, con la existencia

de alumnos y de un profesor. Se trataba de una herencia de la tradición norte-americana del siglo XIX

Aunque la literatura se refiera a la educación en los museos como educación informal, lo que coincide con el criterio de de Coombs que debe producirse fuera del sistema de educación formal y la definición proporcionada por Trilla (1985) de que la “forma propiamente educativa no emerge como algo distinto de la acción o situación en que transcurre el proceso”. También hay que mencionar las críticas realizadas sobre esta terminología:

Que el plan docente no sea aparente, no significa que no exista, ya que la disposición de la acción y el escenario del/para el aprendiz es intentado y decidido como didáctico; de hecho, si quiere y si puede, aprende; la propuesta de acción nunca supera la capacidad real del aprendiz (...). Estimamos que se encuentra demasiado asociado conceptualmente el proceso de aprendizaje al proceso de enseñanza en sentido muy convencional. Se dan muchos otros procesos en los que el individuo moldea su comportamiento y el proceso de enseñanza no es evidente (García Carrasco & del Dujo, 1996)

Según Hodge y D’Souza (1997) en el museo se opera la combinación del modo comunicativo de los medios de comunicación masivos y de la comunicación interpersonal. Desde el punto de vista educativo, entonces, el museo se mueve entre los campos de la educación formal e informal. Este hecho exige competencias culturales distintas entre el educador del museo y el educador del sistema escolar. En su actuación en el diseño de exposiciones, el educador del museo debe pensar como un comunicador, en la forma de de ver los objetos.

Las propuestas de comunicación en el museo parten, por lo tanto, de un “diseño de contenidos, que tiende a alcanzar unos objetivos de comunicación específicos, culturales, sociales o comerciales, que puedan emitirse por objetos, estructuras o situaciones presentes en la vida cotidiana”. Particularmente en los museos y centros de ciencia, el “espacio educativo se materializa en una escenografía en la que se integran las propuestas de comunicación y que representa contextos reales o imaginarios coherentes con las mismas” (Ten, 1997).

También cabe considerar que históricamente, no se ha observado el desarrollo de un sistema de prestación de cuentas y de evaluación del impacto sobre el visitante, según el presupuesto de que las personas aprenderían y se divertirían, sin referencia a cualquier tipo de estudio sobre sus experiencias, una mentalidad que todavía se puede encontrar detentor de algunos sectores de la comunidad museística (Hein, 1998). Por último, también cabe considerar que la misión educativa del museo se extiende a todos los niveles, desde la educación elemental hasta los investigadores de alto nivel (Devine & Hansen, 2003).

En la comparación entre los museos y las escuelas se observan diferencias fundamentales en cuanto al entorno que proporcionan para el aprendizaje. En primer lugar, los museos son entornos de libre elección, tanto en la posibilidad de visitarlos o de los contenidos

que se quieran ver⁴. Además, los museos se perciben como sitios donde se pueden lograr tipos específicos de aprendizaje y principalmente oportunidades de aprendizaje relevantes en el contexto personal. En cuanto a los aprendices, en el museo estos son heterogéneos en cuanto a la diversidad de edades, al trasfondo social y la motivación, contrastando con la homogeneidad de la escuela. Por último, los museos son entornos sociales que incentivan el aprendizaje en grupo.

Davallon (2000) compara las propiedades de comunicación del museo y de la escuela. En cuanto a la forma de relación, la comunicación pedagógica se caracteriza por la asimetría en la enseñanza en términos de los conocimientos del profesor y de los estudiantes; aunque el objetivo del aprendizaje sea la reducción de la asimetría, esta se mantiene debido a la estructura institucional del entorno formal de la educación.

En el museo, también se observa una asimetría entre el museo y el visitante en cuanto al conocimiento, pero en este caso la interacción procede en una estructura mediática, con la posibilidad de que el visitante acepte o rechace la información, de forma que en cuanto al elemento institucional se pueda restablecer una relación simétrica. En cuanto a las características de la comunicación, en su vertiente pedagógica esta es de naturaleza intersubjetiva, situada dentro de un marco de cooperación impuesto al destinatario por el emisor. Mientras tanto, en el museo la comunicación asume una forma mediática, orientada a los objetos y ubicada dentro de un marco de cooperación aceptado por el receptor.

Pero quizás la distinción más llamativa, sea la aportación por parte del museo de otra dimensión, la del objeto. La exposición se concibe como un aparato de enseñanza-aprendizaje, operando en distintos niveles, por ejemplo en el de la experimentación, la exploración y la explicación (Feher, 1990). El museo debe expresar sus objetivos educativos en función del objeto⁵, mientras que las escuelas dependen de las palabras:

Un museo es el mejor aparato que la cultura desarrolló para la transmisión de ideas a un gran número de personas a través de la exposición de objetos genuinos. Esto es lo que puede hacer mejor que cualquier otro tipo de institución concebida hasta ahora...como otros tipos de instituciones, el museo posee tanto fortalezas como debilidades; si abandona su fuerte habilidad de exponer objetos genuinos y se mueve hacia el terreno de algún otro tipo de institución, su éxito en transmitir ideas inexorablemente disminuye (Falk, Koran Jr., & Dierking, 1986).

En el museo se plantean distintos objetivos educativos. Los objetivos cognitivos consisten en el aprendizaje de información, de un vocabulario específico, de definiciones, categorías, generalizaciones y principios. Los objetivos afectivos involucran el desarrollo de

⁴ Según Dierking y Falk (1998) hay dos situaciones para el aprendizaje: la obligatoria, cuando las personas se encuentran obligadas y la de libre elección, cuando lo desean. Este último tipo es el “aprendizaje por aprender”, por diversión, siempre que surja la motivación necesaria.

⁵ En realidad, los estudiantes no aprenden de los textos, sino de los objetos asociados con la información proporcionada por los docentes; este es el método instructivo predominante en las visitas escolares (Falk *et al.*, 1986).

actitudes y valores, y están relacionados con los conceptos de apreciación y sensibilización, en otras palabras de “despertar el interés”. Aunque estos objetivos no sean los generalmente programados, se considera que son los mejor logrados. Por último, los objetivos sensoriales y motores se relacionan con el aprendizaje de habilidades o técnicas (Shettel, 1973). En su conjunto,

Se pretende que los visitantes aprendan determinados conceptos, principios, ideas sobre hechos históricos, científicos, etc. Y se olvida que el museo también es un buen lugar para aprender a respetar a los demás, adquirir hábitos de autonomía y autocontrol, emocionarse con la belleza, aprender a tener el espíritu más abierto y receptivo frente a lo desconocido, abandonar los prejuicios y las concepciones equivocadas sobre las personas y las cosas, etc. (Pastor Homs, 1992).

La educación en el museo sigue un patrón, se adhiere a una teoría y refleja la cultura más amplia dentro de la cual se encuentra inmersa. Sin embargo, en la puesta en marcha de las actividades educativas del museo se hace necesario el esfuerzo de pensar sobre los principios subyacentes, en contrapartida a adoptar una colección de políticas no examinadas y que pueden ir en contra de los objetivos mismos de la institución.

Hein (1998) propone una combinación de las dos dimensiones para la generación de una matriz de teorías educativas dotada de cuatro dominios ortogonales para aplicación al aprendizaje en el museo, a partir de los acercamientos teóricos del aprendizaje y de la epistemología, que en el museo se relaciona con el estatus ontológico de los objetos en su interior. La aplicación práctica de las teorías educativas a la educación en los museos se dará, consecuentemente, según una teoría de la enseñanza, que postula los estilos y la organización de materiales y que es fundamentalmente dependiente de la concepción de aprendizaje y de la concepción epistemológica adoptadas.

La **teoría didáctica**, o **expositiva**, es la tradicional: es la combinación del realismo y con el modelo de transmisión, conocido como “objetivismo” en el ámbito escolar, en la cual el profesor enseña, según una secuencia prefijada y los alumnos asumen un papel de receptores pasivos, memorizando hechos y practicando las respuestas correctas. En el museo se refleja en la organización de los objetos según su naturaleza sin tener en consideración al visitante, observada en la tradición renacentista de crear dominios sistemáticos del conocimiento.

Aplicado este modelo a los museos, deriva en exposiciones en secuencia, dotadas de un comienzo y un fin claros, y de una orden jerárquica intencionada para cada tema, desde lo simple hasta lo complejo. Los componentes didácticos se limitan a paneles y etiquetas que describen, textualmente, qué se debe aprender de cada ítem. Por otro lado, estas exposiciones no hacen referencias a posibles interpretaciones o explicaciones alternativas. Esta organización la

hace propicia para su integración en programas escolares que siguen el currículo tradicional, con una ordenación jerárquica de contenidos.

La combinación del modelo de instrucción con el idealismo, que en el plan epistemológico postula que el significado de un objeto deriva no de la realidad externa, sino de la interpretación que se haga de él, resulta en una concepción de educación basada en el estímulo–respuesta. Esta teoría se aplica sobre todo en el entrenamiento, donde se observa una exposición didáctica, pero sin la realización de reclamos sobre la verdad objetiva del conocimiento. Históricamente se basa en la psicología behaviourista, que únicamente hace referencia al resultado de un estímulo, pero no sobre su naturaleza.

Su aplicación en los museos se da a través de exposiciones en secuencia, dotadas de comienzo y fin claros y de una orden intencionada. Así como en el caso anterior, los componentes didácticos como paneles y etiquetas describen qué se debe aprender. También se utilizan elementos de refuerzo, para potenciar un estímulo y una respuesta apropiada. Las exposiciones basadas en esta teoría no hacen un reclamo formal de representar la verdad; por otro lado, estos reclamos son aparentes para sus críticos y para aquellos que tienen una noción distinta de la realidad.

La combinación del constructivismo y de una noción realista de la naturaleza del conocimiento da como resultado el aprendizaje por descubrimiento o investigativo (*ver 4.1.2.1*). La adopción de una perspectiva constructivista se manifiesta en el cambio en el lenguaje –con el cambio del término enseñanza por aprendizaje– situando el centro de atención en el aprendiz. El aprendizaje se entiende como un proceso activo en la medida en que el aprendiz interactúa con el material, más que absorbiéndolo, principalmente si le asocia a una actividad física, en lo que se denomina “*hands-on*”. Por otro lado, la inclusión del criterio realista supone que a pesar de que se aprenda de forma individual, hay una realidad y una verdad subyacentes que se pueden descubrir a través de la experiencia personal.

Para los museos, es un acercamiento natural y se revela a través de exposiciones que permiten la exploración abierta y un vaivén entre componentes, posibilitando varios modos de aprendizaje. También se destacan los componentes que proponen preguntas, estimulando al visitante a encontrar su respuesta, pero de forma que éste evalúe su interpretación frente a la interpretación “correcta”. Las exposiciones construidas según esta concepción son adecuadas para los programas escolares que involucran a los estudiantes en actividades dirigidas, o para que lleguen a conclusiones generalmente aceptadas.

En el cuarto cuadrante se encuentra el constructivismo. Aplicado al museo, implica que el visitante construye su conocimiento personal a partir de la exposición. Dado que el proceso de adquirir conocimiento es, en sí mismo, un acto constructivo, el museo debe facilitar múltiples rutas a través de la exposición, para proporcionar un mayor rango de experiencias. La

disposición de los objetos se debe realizar según las necesidades educativas del visitante, con la posibilidad de que el visitante realice distintas conexiones a partir de los elementos del museo. En concreto, a través de conceptos y objetos familiares la experiencia se puede construir a partir del conocimiento previo.

El acercamiento constructivista al museo se caracterizaría por la disposición de entornos ricos que permitan que el visitante expanda su experiencia con el mundo. En cuanto a las prácticas, se debería incentivar a que los visitantes den sentido de forma activa a estas experiencias, de que hagan sus propios cuestionamientos, además de establecer vínculos con lo que ya saben. Por otro lado, en cuanto a las oportunidades de interacción social, como el museo es un espacio de interacción por antonomasia, el museo constructivista lo que debe hacer es no impedir las oportunidades de su concreción. Así, el diseño y disposición de los materiales debe favorecer la promoción de la socialización (Feher, 1996).

Gaspar (1993) defiende la adopción del marco de la teoría de interacción social propuesta por Vygotsky como un referencial teórico para el proceso de enseñanza-aprendizaje en los museos y centros de ciencia. Las interacciones sociales en el museo, deberían entonces, estar dirigidas hacia la zona de desarrollo próximo de los participantes. También cabe destacar que las interacciones en el museo son las “interacciones sociales verdaderas” o de tercer nivel, según la propuesta de Ivic (1989), ya que los participantes desarrollan distintos roles sociales y poseen distintos sistemas de conocimientos y valores. Se trata, por lo tanto de relaciones asimétricas, y según este teórico la asimetría es el origen del impacto en el desarrollo.

Otra forma de pensar sobre los procesos de aprendizaje en los museos se centra en los procesos de interacción. Según el modelo de experiencia interactiva propuesto por Falk y Dierking (1992), la experiencia de la visita distingue tres contextos de interacción. El primer contexto es el físico, relacionado con el entorno físico del museo. El segundo contexto es el social, donde se producen las interacciones entre los distintos visitantes. Otras experiencias cooperativas son el aprendizaje en grupo y entre la familia y los amigos, aunque se observa frecuentemente una acción de tutoría por parte de uno de los miembros del grupo. Por último, en el contexto personal, aspectos como la edad, el sexo, las características y las preferencias personales de los individuos se relacionan con sus intereses, expectativas y motivaciones de visitar el museo. El conocimiento y la experiencia previos juegan un importante papel, pues se relacionan con las ideas y concepciones que contribuyen a la interpretación de los fenómenos observados y que pueden interferir con el proceso de aprendizaje. Considerados en su conjunto, se propone un modelo dinámico, que concibe la visita como una experiencia holística, operando sobre los ámbitos cognitivo, afectivo y social.

Los elementos involucrados en la exposición que son parte del proceso de aprendizaje en el museo se dividen en tres categorías. En primer lugar se sitúan los **elementos**

cognitivos, relacionados con la comprensión y con los contenidos de los conceptos e ideas presentados. En segundo lugar, los **elementos comunicativos**, dentro de los cuales se destaca la interactividad. Por último, el **elemento afectivo**, relacionado con el universo personal del visitante y que toma como base los antecedentes culturales para la construcción de una identidad personal y única. La intersección de todos estos elementos crea un espacio de exposición, en un acercamiento que se podría denominar “*envelopment*”, en el sentido de que envuelve al visitante de manera que este queda inmerso en la información. A la vez, la confluencia simultánea de los tres elementos de aprendizaje crea en el visitante la posibilidad de realizar múltiples lecturas de la misma exposición (Lins de Barros, 2001).

Marsh (1996) destaca que, pese al hecho de que los manuales educativos de los museos se centren en los procesos cognitivos del aprendizaje, se necesita una visión más amplia que considere a los visitantes como portadores de percepciones y sentimientos, así como las capacidades y necesidades intelectuales, únicas e individuales.

En primer lugar, la experiencia ocurre generalmente cuando enfrentamos tareas que tenemos ocasión de completar. En segundo lugar, debemos ser capaces de concentrarnos en lo que estamos haciendo. Tercer y cuarto, la concentración es generalmente posible porque la tarea emprendida tiene metas claras y proporciona una respuesta inmediata. Quinto, una persona actúa con una profunda, pero ausente de esfuerzo, implicación que remueve de la conciencia las preocupaciones y frustraciones de la vida diaria. En sexto lugar, las experiencias agradables permiten que la gente ejercite un sentido del control sobre sus acciones. En el séptimo, la preocupación por sí mismo desaparece, pero paradójicamente el sentido del yo emerge más fuerte después que la experiencia de flujo ha terminado. Finalmente, el sentido de la duración del tiempo se altera; las horas pasan como se fueran minutos, y los minutos pueden alargarse hasta parecerse a horas. La combinación de todos estos elementos causa un profundo placer que es tan gratificante que la gente piensa que gastar una gran cantidad de energía vale la pena simplemente para poder sentirlo (Csikszentmihalyi & Robinson, 1990).

En cuanto al papel de los docentes en relación con el aspecto pedagógico del museo, su importancia, en un primer plano, deriva de la habilidad en ayudar al visitante a utilizar apropiadamente las exposiciones y responder preguntas acerca de su operación. En un plano más profundo, deben ayudar a los visitantes a estructurar su proceso interno de aprendizaje, haciéndoles pensar, más que proporcionar la respuesta correcta (Rennie & McClafferty, 1996).

Como metodología para buscar la evidencia del aprendizaje en los museos, los estudios de visitantes buscan desvelar la relación que se establece entre el visitante o grupo de visitantes y los módulos interactivos con el objetivo de aumentar el impacto educativo de las exposiciones. Se clasifican en dos tipos. Los estudios de audiencia poseen carácter cuantitativo, y buscan “identificar el tipo de público que visita la exposición y son, por definición, esencialmente demográficos⁶. En ellos se analizan las características de los visitantes, cuáles son los tipos de

⁶ La estimación de audiencia es un componente importante para la proyección de la audiencia, en el sentido de la planificación de nuevos programas e iniciativas de marketing y construcción de futuras instalaciones (Russell, 1999).

visitantes más frecuentes, quiénes son los visitantes regulares y qué grupos de edad son los más asiduos”⁷.

Los estudios de conducta buscan la relación real entre el visitante y la visita, y pueden ser cuantitativos –analizando variables como la duración de la visita, la duración de las conversaciones suscitadas, el comportamiento de lectura de rótulos de objetos y la interacción con el objeto– o cualitativos, inspeccionando la calidad de las interacciones entre los visitantes mismos y con los objetos expuestos y verificando el grado de comprensión de las ideas que transmiten (Fernández & Benlloch, 2000).

Sintetizando los resultados de los estudios de visitantes, Miles (2000) concluye que los visitantes típicos frecuentan el museo en los momentos de ocio, acompañados de familiares y amigos, modificando sus planes en la medida en que la visita se desarrolla. No se tratan de aprendices con objetivos educativos bien definidos, sino que eligen si y por cuanto tiempo frecuentar una exposición, y buscan mensajes estimulantes que proporcionen una respuesta rápida a su esfuerzo y con la cual puedan identificarse fácilmente.

También cabe destacar que los problemas de estudios de visitantes comparten los mismos problemas de las ciencias sociales en cuanto a su valor epistemológico y fiabilidad. En el sentido práctico se demandan además muchos recursos para manejar una muestra de tamaño suficiente y se experimentan problemas éticos de invasión de la privacidad y de interferencia en la visita (Butler, 1992).

La investigación de la visita al museo se centra en tres áreas principales: por qué las personas van a los museos, qué hacen y cuáles son los impactos a largo plazo de estas experiencias, además del uso de los recursos multimedia en el museo. En cuanto su faceta educativa, los estudios de visitantes buscan determinar cuántos visitantes han adquirido nuevos conocimientos, actitudes o ideas como resultado de la visita al museo (Dierking & Falk, 1998b).

Las variables demográficas –la edad, el género, la raza, el nivel de educación, la renta económica o la ocupación– no son adecuadas para predecir un comportamiento complejo. Se necesitan, entonces, dimensiones adicionales, como las variables psicográficas: las características psicológicas y de motivación, el valor asignado al aprendizaje, la motivación de explorar y descubrir, y la valoración de hacer algo útil en el tiempo libre. Estas características son compartidas a través de edad, género, etc. Otros elementos importantes son la historia personal y las variables de valor subjetivo, como el interés concreto en determinada área del saber o la necesidad de satisfacción de una necesidad personal, la influencia de experiencias a edades tempranas y la exposición a modelos por parte de los padres.

Entre las motivaciones de visita identificadas por Miles (2000) en la literatura de los estudios de visitantes se encuentran la obtención de información, tener un sustituto para el

⁷ Según Falk (1993), el 90% de los visitantes de museos y centros de ciencia expresan interés por la ciencia.

contacto social, aprender sobre la sociedad y el mundo, encontrar soportes para los valores de uno mismo, escapar de problemas y preocupaciones y llenar el tiempo libre. De esta manera, en cuanto a la motivación, la comunidad museística se encuentra con una población de visitantes no exactamente entusiasmada por el auto-aprendizaje.

En cuanto a la expectativa de los visitantes, un eje común de actuación es proporcionar al visitante posibles elecciones; que él pueda realizarlas, y de esta manera se involucre y participe de forma activa en la experiencia. Sin embargo, también se produce un ciclo clásico, en el cual las personas aprenden mejor sobre lo que ya saben y sobre lo que les interesa; al mismo tiempo se interesan más acerca de las cosas que pueden aprender más fácilmente (Falk & Dierking, 1992).

Además de los temas específicos tratados, el valor educativo del museo se percibe en función de la oportunidad de interacciones sociales que provee y de la experiencia de visitar lugares inusitados, ya sean artificiales o naturales.

En la investigación sobre el aprendizaje en entornos informales, se debería preservar el contexto para que los resultados tengan validez. La introducción del investigador tendrá efectos:

Un análogo al Principio de Incertidumbre de Heisenberg está operando fuertemente cuando los museos intentan determinar el aprendizaje del visitante. Solamente a través de una manipulación mayor del sistema se puede acumular información fiable sobre los resultados del aprendizaje, pero en el proceso de hacer estas manipulaciones, el sistema ahora “comprendido” deja de ser el sistema que uno originariamente quería comprender (Hofstein & Rosenfeld, 1996).

Algunas dificultades asociadas con la investigación sobre el aprendizaje en el museo son la naturaleza episódica de la interacción, la existencia de trasfondos variados de los visitantes y el carácter no verbal de las experiencias. Por otro lado, son exactamente estas las características que hacen el entorno del museo interesante para el aprendizaje (Semper, 1990).

Falk y sus colaboradores (1986) sugieren que para la información científica complicada y abstracta, los museos pueden ser ineficaces como herramienta pedagógica. En la naturaleza no estructurada del aprendizaje hay factores como la atracción de la atención del visitante, el tiempo dedicado como función de la agenda –los intereses, experiencias y expectativas– personal de cada visitante. Por otro lado es bastante probable que haya aprendizaje cognitivo cuando se dedica un tiempo suficiente de interacción, además del recuerdo afectivo y psicomotor.

De las investigaciones realizadas, sin embargo, se concluye que la visita al museo no provoca un aprendizaje cognitivo significativo en el visitante; este sale tan desinformado como antes (Pastor Homs, 1992).

Pese a este pesimismo, Lewis (1980) sugiere que las exposiciones correctamente diseñadas pueden resultar entornos potenciales de aprendizaje, dotados de una relativa libertad y ausencia de coerción. Entretanto, el concepto de diseño adecuado pasa por dos puntos principales: la necesidad de un guión que conecte entre sí fragmentos de conocimiento adquiridos por el visitante y el valor de las exposiciones dinámicas, al proporcionar oportunidades de interacción y experiencias gratificantes (Miles, 1988). El diseño, en este sentido, no solo debería proporcionar la interrelación entre fragmentos aislados de conocimiento a través de un marco conceptual, sino proporcionar un estímulo para el aprendizaje, de forma que los visitantes pudieran profundizar más, en sus intereses.

A partir de un estudio piloto se ha observado que los visitantes no aprenden solamente de las exposiciones, sino también de la monitorización de las interacciones sociales de otras personas. La conducta percibida de otras personas es entendida como un recurso complementario de la experiencia museística, y funciona como elemento de coordinación de actividades con compañeros y con extraños. En la práctica, esto implica el diseño de artefactos que permitan u obstruyan la co-participación y manipulación conjunta de un aparato, dado el potencial de la habilidad de monitorización subrepticia para aprender a partir de la experiencia de otras personas (vom Lehn & Heath, s.d.).

En cuanto a la utilización de recursos multimedia, las investigaciones revelan que según la edad, los visitantes más jóvenes demuestran más disposición a su utilización. En la cuestión del género, pese al número limitado de estudios que han analizado esta relación, se observa una predominancia masculina, principalmente en la infancia. Otro dato de interés es que no hay evidencia de que los usuarios prefieran utilizar medios electrónicos en contrapartida a ver los objetos; por el contrario, estos medios han servido como incentivo para que se observaran los objetos otra vez, con más detalle (Dierking & Falk, 1998b).

La investigación sobre el aprendizaje informal debe tener en cuenta también el contexto de la experiencia. Según la definición híbrida, existe un *continuum*, desde lo más informal hacia lo formal. Las experiencias situadas dentro de esta dimensión, por ejemplo, son las excursiones de campo a partir de la escuela, los proyectos de ciencia a partir de iniciativas de la comunidad, las visitas a museos y zoológicos y la atención dedicada a los medios de comunicación (Hofstein & Rosenfeld, 1996).

El concepto de excursión de campo supone un problema metodológico para la investigación en educación informal, pues su definición engloba tanto a una excursión que dure parte de un día o incluso un período de tiempo más largo, pero también puede ser una visita guiada o implicar una actividad de investigación orientada (Hofstein & Rosenfeld, 1996). La información adquirida durante una excursión de campo puede ser recordada durante mucho

tiempo (Falk, 1983), aunque los resultados afectivos y el impacto sobre las actitudes sean más significativos que esta adquisición de nuevo conocimiento.

La naturaleza informal del entorno del museo significa que no se puede determinar a qué contenidos estarán expuestos los visitantes; las experiencias son elegidas por ellos. Las ideas no se presentan en secuencia y las oportunidades de aprendizaje son fragmentadas y no estructuradas.

Debido a la dificultad de establecer *qué* se está aprendiendo, resultaría de más valor analizar *cómo* se está aprendiendo. Para determinar los procesos de aprendizaje que pueden ocurrir, Griffin (1999) ha buscado indicadores de este proceso en la revisión de la literatura que reflejara el estado actual de la investigación de cómo los estudiantes aprenden ciencia, del aprendizaje en grupo y en familia, del aprendizaje en entornos informales, del aprendizaje activo y del aprendizaje de adultos.

Se ha observado una similitud en los puntos de vista de muchos campos disciplinares sobre las condiciones que favorecen el aprendizaje y los comportamientos que reflejan estas condiciones. La síntesis de la literatura llevó al desarrollo de un conjunto de indicadores, incluyendo tanto comportamientos individuales como sociales.

Entre estos indicadores se incluyen la demostración de responsabilidad por iniciar el propio aprendizaje, estar activamente involucrado en él, manipular y jugar con objetos e ideas de forma intencionada, establecer vínculos entre ideas y habilidades, compartir el aprendizaje con pares y expertos, demostrar confianza en las capacidades individuales de aprendizaje y responder a la nueva información de forma positiva. Cada una de estas categorías puede ser ampliada para la creación de un conjunto de indicadores específicos.

Graham y Gammon (1999) proponen una “estrategia de aprendizaje” en el diseño de exposiciones, una metodología de trabajo más que un manifiesto teórico, que sirve de hilo conductor en el proceso de desarrollo de exposiciones.

En esta guía se especifican algunos pasos y criterios a seguir: en primer lugar, considerar el conocimiento previo de los visitantes, que va a influir en el aprendizaje de conceptos y en la producción de los mensajes afectivos; definir qué habilidades de pensamiento se desea promover; considerar los distintos estilos de aprendizaje; establecer criterios de motivación, proporcionando contenidos asequibles y que permitan que el visitante comprenda, aumentando el sentimiento de auto-eficacia, además de provocar la sorpresa, la novedad, el desafío, el control por parte del visitante, la respuesta inmediata a las acciones realizadas y el aumento de la experiencia sensorial; buscar la permanencia en la memoria, en función de experiencias que se recuerden o que sean únicas, debido al entorno físico o involucrar al cerebro en manipulaciones mentales. Este último criterio se relaciona con el aprendizaje a largo plazo; algunos factores que afectan la formación y recuperación de memoria son las emociones.

Esta estrategia de aprendizaje debe ser secundada por un proceso de evaluación que proporcione información acerca de las necesidades, deseos, expectativas, conocimientos previos, intereses y comportamiento de los visitantes. La evaluación, como proceso para determinar el valor de algo, también se puede concebir como un intento pragmático de identificar problemas en el diseño y contenido, además de la valoración del éxito actual o probable de exposiciones específicas en entornos específicos. En este sentido, la evaluación sumativa, una vez acabado el diseño, busca información sobre la reacción de los visitantes ante la exposición y ante los programas didácticos, mientras que la evaluación formativa se realiza durante el proceso de desarrollo y planificación, sirviendo de guía para el perfeccionamiento y modificación iterativos del desarrollo (Bhola, 1990).

4.2.3. Los objetos educativos en el museo

Pese a las aportaciones de la teoría educativa y de los datos empíricos proporcionados por los estudios de visitantes, en la comunidad museística se observa todavía la ausencia de reglas explícitas para realizar la conexión entre la teoría del aprendizaje y el diseño de las exposiciones. Existen, sí, algunas orientaciones de diseño, como por ejemplo la recomendación de que el usuario debe tener el control de la actividad de aprendizaje. Por otro lado, también existe el riesgo de que el diseño dictamine el comportamiento del usuario, impidiendo el aprendizaje independiente (Semper, 1990).

La exposición consiste en una forma significativa de mostrar el objeto; en la actualidad hay un consenso en relación con la idea de que no existe neutralidad en su elaboración. La disposición de las secuencias, la colocación, el etiquetado, la iluminación, la protección, todas revelan una visión –ideológica, política, social- subyacente a la exposición misma.

El diseño de las exposiciones ha de formar parte de la “orientación educativa” del museo y debe respetar a los objetivos que éste se haya planteado, formando un todo coherente y dinámico con el resto de actividades (Pastor Homs, 1992).

Particularmente en los museos y centros de ciencia se muestran ejemplos de los fenómenos naturales, del comportamiento humano y animal y de las aplicaciones en el mundo real de la ciencia. Las exposiciones son diseñadas para aislar un trozo de la naturaleza o un concepto del mundo, complejo en su totalidad, de forma que el visitante tiene oportunidad de mirarlo, jugar con él y empezar a comprenderlo.

La autenticidad proporciona un mayor nivel de interés; si los visitantes sienten que están en contacto con algo genuino, sea un objeto o una experiencia, su interés será mayor. En cuanto al diseño funcional, los objetos tienen un “lenguaje natural de uso”; su utilización debe ser evidente y no depender de instrucciones. En el diseño de exposiciones la estética es un factor fundamental, al facilitar una mayor implicación entre el visitante y la exposición (Semper, 1990).

Algunas tendencias en el diseño de exposiciones orientadas al aprendizaje son el desarrollo de estaciones de estudio auxiliares y la existencia de bibliotecas integradas orientadas a los visitantes que deseen aprender más sobre determinado tema. Estas tendencias revelan la ascendencia de un entorno híbrido formal-informal (Semper, 1990).

de Rösny (1992) discute la evolución de las exposiciones, a partir de aquellas basadas en el concepto de enciclopedia –con la disposición de textos y fotografías, de maquetas de objetos reales, de instrumentos, máquinas y equipos– con el espacio diseñado para atraer y retener la atención del visitante, hasta las exposiciones interactivas donde juegan un papel importante los elementos audiovisuales, el ordenador y las pantallas animadas, y donde el visitante participa activamente en la experiencia, contestando preguntas e iniciando secuencias interactivas.

En relación con la tipología, las exposiciones científicas se pueden clasificar en lineales, con la presentación de un tema de modo secuencial, dividido arbitrariamente en períodos, secuencias o en progresión didáctica desde lo simple hasta lo complejo; basadas en matrices, con sectores temáticos yuxtapuestos, donde los elementos de interacción se encuentran en los puntos de intersección. Por último, las exposiciones de “descubrimiento”, consisten en un laberinto del conocimiento diseñado, para instigar la curiosidad del visitante. En los tres casos, son formas limitadas. Debido a la complejidad de los mensajes y de sus contenidos los acercamientos demasiado generales pierden el sentido del detalle, y viceversa.

Más allá de una “visión arquitectónica” o de la representación escenográfica en un “sistema de comunicación” se propone la exposición basada en un “espacio de comunicación” y en el concepto de “ergonomía intelectual”. Se trata de una metodología que pretende favorecer la adquisición del conocimiento, al proporcionar una relación adecuada entre objetos y sujetos, caracterizada por la simplicidad de sus métodos de utilización y por la adecuación de las interfaces hombre-máquina. Según esta propuesta, la exposición debe diseñarse como un único sistema interactivo, dentro del cual el visitante actúa de forma activa.

También debe buscar el balance entre profundidad y forma, entre el contenido científico y técnico de los mensajes, además del balance entre comprensión general y el detalle. Para esto, los detalles deben situarse dentro de un contexto más amplio, que permita la construcción de una “ecología cognitiva”, o sea, permitiendo que la adquisición del conocimiento vaya de lo micro a lo macro, de lo local a lo global, de lo analítico a lo sistémico. Este tipo de

disposición se podría alcanzar a través de la aplicación del hipertexto, en el cual el visitante debe ser consciente del “territorio que debe ser conquistado intelectualmente”. Otra metáfora sería la de la imagen fractal, una forma geométrica que permanece inalterada cualquiera que sea el nivel de aumento con que sea observada. Aplicada al diseño de exposiciones, cada detalle contiene la representación del “todo” y en cada punto se recrea un sentido de coherencia total.

Según la propuesta de Betancourt (2001), la exposición se concibe como espacio teatral donde el visitante es actor y autor a la vez, en una puesta en escena rica y variada, a través de la cual “textos e hipertextos correspondientes a diferentes lenguajes tienen allí su expresión en un efecto polifónico y narrativo”.

Las visitas guiadas de grupos a cargo de personal del museo se recomiendan a grupos reducidos, dotados de objetivos concretos, y requieren la preparación anterior y el trabajo posterior de seguimiento. Consisten un “conjunto de actividades entre las que puede haber un recorrido por las salas con el acompañamiento de un guía/monitor/educador, pero también puede incluir una proyección de una película, una sesión de manipulación de objetos, una sesión de taller, etc.” (Pastor Homs, 1992). En este tipo de visita se verifica, por otro lado, la necesidad de favorecer la participación activa y de evitar la verbalización excesiva, que resulta una barrera al aprendizaje.

Pero además de las exposiciones y de las visitas, los museos en su labor educativa también cuentan con actividades, recursos y materiales educativos.

Las guías de visita parten de la hipótesis de que una visita eficaz no puede prescindir del auxilio del profesor, y que este es quien puede integrar la visita al museo en el conjunto del programa de enseñanza, profundizando los resultados. De esta manera, la preparación previa es una etapa para la realización de la visita al museo, así como de su evaluación posterior. En cuanto a su contenido, las guías deben contener datos prácticos sobre el museo, informaciones sobre las colecciones existentes y sobre los programas educativos ofrecidos, especificando a qué asignaturas y a qué edades se dirigen. También deben especificar los objetivos a lograr con la visita, en los ámbitos informativo, cognitivo, instrumental y afectivo así como los contenidos concretos, en otras palabras, “qué ver” en la visita.

Las sugerencias acerca de su realización práctica proponen la forma de la duración y el itinerario a realizarse y por último, también proporcionan actividades complementarias y de evaluación. En cuanto a la selección de contenidos, un acercamiento lógico es aproximar el contenido trabajado en el museo con el currículo escolar, teniendo en cuenta los distintos niveles educativos.

Los “*quizzes*”, cuestionarios o juegos de adivinanza, poseen un cariz menos formal y buscan el entretenimiento y la diversión, pero sin olvidar el rigor científico. Se elaboran a partir de la combinación de hechos observables con preguntas que permiten la interpretación personal

(Pastor Homs, 1992). Los juegos tipo *puzzle* permiten la observación y comparación de cosas, mientras que los juegos de asociación permiten la observación, comparación y construcción de un sistema de conocimiento. A su vez, los juegos de clasificación llevan al cuestionamiento y a la confrontación de concepciones previas, sirviendo como activadores de la motivación para el perfeccionamiento de las capacidades de observación. Además, contribuyen a la fijación en la memoria de los descubrimientos realizados (Guichard, 2000).

Otra actividad relacionada con la educación en los museos es el préstamo de materiales. Los “*kits*” proporcionados a las escuelas incluyen materiales diversos, desde objetos originales hasta representaciones pictográficas, estructurados para el aprendizaje de un tema en concreto. Relacionados con el tema museístico, sirven como elemento motivador antes de la visita o como refuerzo después de la visita.

4.2.4. La interactividad y otros aspectos del aprendizaje en los centros de ciencia

La definición híbrida de las experiencias formales e informales propone una distinción entre los contextos de aprendizaje y los métodos de enseñanza, y sugiere una definición flexible de educación informal, en el sentido que las experiencias en entornos informales se pueden estructurar en función de objetivos específicos, así como las experiencias informales se pueden utilizar en el contexto formal. El elemento común en esta integración sería que las actividades se diseñaran con el objetivo de proporcionar realismo y concreción a los conceptos científicos, a través de la interacción mental y manual.

Los entornos informales pasan a proporcionar entonces experiencias “a medida” para poblaciones heterogéneas, cuyo interés y habilidad en aprender ciencias pueden variar significativamente. La integración debe darse principalmente a través de la integración curricular, aunque todavía existan pocas investigaciones de cómo optimizar este proceso (Hofstein & Rosenfeld, 1996)

En cambio, el elemento diferenciador de las exposiciones interactivas su uso de carácter informal y el diseño como parte ajena al currículo escolar. Se caracterizan, así, por la participación voluntaria en contrapartida a la participación obligatoria.

Miles y Tout (1992) destacan la diferencia entre los conceptos de “comprensión” y “aprendizaje”. Mientras el aprendizaje es la adicción de conocimiento en la memoria, es decir de ideas abstractas y procesos, la comprensión es la “captación de la estructura de un tema...de un modo que permita que muchas otras cosas sean relacionadas de forma significativa (...) una idea general, que puede ser utilizada como base para el reconocimiento de problemas subsecuentes como problemas especiales de la idea originalmente dominada”.

El potencial de aprendizaje de los módulos interactivos reside en su capacidad de fomentar la curiosidad y la motivación intrínseca, proporcionar distintos estilos de aprendizaje, fomentar el juego y exploración y conectar con el conocimiento previo del visitante.

Según Besenval (1997), el concepto principal que subyace a la discusión sobre la pasividad, la actividad o la interactividad, es la implicación con el usuario. Para implicar, más que hacer preguntas es necesario buscar un modo en que el público haga sus propias preguntas.

Siguiendo esta línea de razonamiento, Perry (1989) propone seis criterios para el diseño de exposiciones motivadoras, relacionados con los valores que se deben despertar en el visitante: curiosidad, confianza, desafío, control, juego y comunicación.

La curiosidad, a partir de una perspectiva teórica, se relaciona con el “aprendizaje intrínsecamente motivado” (Semper, 1990). Las recompensas extrínsecas son aquellos motivadores comúnmente utilizados, como por ejemplo la obtención de grados, los exámenes, las calificaciones, la aprobación por los profesores o el potencial para el empleo. Para Csikszentmihalyi y Robinson (1990) las actividades intrínsecamente motivadas funcionan cuando el desafío es cercano, pero ligeramente superior a la capacidad de la persona y la respuesta es inmediata; si el reto es demasiado fácil no hay qué cuestionar y si resulta demasiado difícil, no se siente el sentido de realización que acompaña el descubrimiento. A efectos de diseño, se recomienda, por lo tanto, la creación de exposiciones que abarquen distintos niveles para maximizar la conexión con un usuario determinado.

A su vez, al carácter multisensorial de las exposiciones se le atribuye la capacidad de adaptarse a distintos estilos y habilidades de aprendizaje. Las exposiciones son visualmente atractivas y contienen textos de acompañamiento, producen sonidos y fomentan el tacto, manejan relaciones espaciales y proporcionan experiencias cinestésicas. Mientras que la ciencia se encuentra más vinculada a la inteligencia lógico-espacial, los conceptos se pueden reforzar con otros tipos de experiencias, por ejemplo las táctiles y visuales (Semper, 1990).

El juego y la exploración son estrategias generalmente pasadas por alto en la educación; el juego lleva al desarrollo de habilidades de observación y experimentación.

En cuanto al trasfondo de los visitantes, se observa una variación en el nivel de instrucción formal en ciencias y en las visiones de mundo sobre la naturaleza, hechos que se relacionan directamente con el factor del conocimiento previo. La respuesta de los museos a estas diferencias es la de alcanzar el nivel de comprensión de distintas personas, a través de la variedad de las experiencias proporcionadas (Semper, 1990).

Otro potencial importante para el aprendizaje de ciencias se relaciona con la ciencia *náïve*. Las concepciones alternativas son difíciles de erradicar en el entorno del aula, pero esta dificultad puede ser contrarrestada con la utilización de exposiciones interactivas, cuidadosamente diseñadas para este objetivo. Por ejemplo, el concepto de que la gravedad necesita al aire para

operar se puede cambiar a través de un experimento que demuestre que la gravedad funciona en el vacío. Situaciones de este tipo no solo permiten el cambio conceptual, sino profundizan en el conocimiento teórico a través de la observación de la realidad (Bloom, 1992). La creación de una disonancia cognitiva, entre teoría interna y ejemplo externo es una oportunidad de investigar y validar directamente las teorías personales.

El aprendizaje en entornos interactivos procede originalmente del conocimiento previo y, posteriormente, de los materiales presentados. Si los conocimientos previos no se tienen en cuenta, el aprendizaje puede distorsionarse en relación con el objetivo original. Por otra parte, es la negación de los modelos de transmisión-absorción de aprendizaje tradicionales, lo que lleva al concepto del aprendizaje como “cambio conceptual” (Roschelle, 1995).

Los museos como cualquier institución educativa deben afrontar el reto del conocimiento previo; sin embargo se encuentran mejor situados para promover el cambio conceptual debido a la experiencia de objetos auténticos, que permiten la confrontación derivada de la interacción y el aprendizaje en grupos pequeños. Los museos pueden estimular reacciones espontáneas, explorando el concepto de conocimiento previo, al reunir en un mismo sitio objetos auténticos, interacción social y recursos para la investigación. Por otro lado, al centrar el interés en el cambio conceptual, en otras palabras, en contenidos especializados en temas concretos, se pueden pasar por alto otros objetivos dignos del museo como la curiosidad y la exploración.

Caro (1997b) propone el diseño de exposiciones a partir del concepto de “colección de fragmentos”, basado en la incapacidad de saber todo sobre todas las cosas. En este sentido, el proyecto del enciclopedismo falla, debido a que en la actualidad ni siquiera es posible saber algo esencial acerca de varios dominios, pues esa misma esencia precisa un conocimiento muy especializado.

A partir de esta concepción del conocimiento como un conjunto de fragmentos, la estrategia propuesta para el diseño de exposiciones es la de empezar a partir de la ciencia contemporánea, más próxima a la realidad del día a día. Por ejemplo una noticia científica atractiva, para proceder luego con la exploración de información más sofisticada y especializada o de las explicaciones básicas presentadas de forma que sean comprensibles los tópicos de la ciencia y la tecnología contemporáneas. A su vez, la estrategia es proporcionar vínculos entre estos fragmentos; de esta manera los componentes abstractos puede que se olviden, pero el resultado es una comprensión cultural más amplia del objeto.

También cabe destacar que este método se aplica fácilmente a la educación asistida por ordenador y está relacionado con el concepto de hipertexto. Los museos científicos, a partir de esta propuesta, deberían enseñar las disciplinas subyacentes a la ciencia contemporánea a través de los fragmentos que se basan en ella.

La incorporación de los mencionados estándares curriculares en ciencias a los museos y centros de ciencia surge como oportunidad de proporcionar la dirección, el interés y la validación que permiten expandir la actividad educativa a través de límites institucionales, geográficos, políticos y jerárquicos. Los centros interactivos de ciencia deberían asumir un papel activo en la mejoría de la educación científica, de forma que los estándares pueden servir como base y referencia. Particularmente, la incorporación del aprendizaje investigativo, una especialidad de los centros de ciencia, a los estándares sintoniza con la promoción de programas basados en la curiosidad y en la exploración auto-dirigida. En este sentido, también se observa que los museos tampoco son inmunes a la ausencia de foco característica de la educación de ciencias, presentando y hechos desconectados, en función de algunos conceptos e ideas centrales (Bartels,1999).

Sneider, Bell, Rabkin, y Ellis (2002) defienden el incremento de la presencia de la tecnología en los museos de ciencia, con el objetivo de atender a las necesidades de los visitantes. Esto supone un cambio de prioridades, con la necesidad de definir qué es la tecnología y cuál su relación con la ciencia, por ejemplo, a través de su presentación como entidades distintas o con énfasis en las similitudes entre ambas⁸. Se trata de ampliar comprensión del término “tecnología” como algo más amplio, que va más allá de los aparatos tecnológicos de última generación, y busca la concepción de “un sistema de acciones humanas, industriales y de base científica, intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado valioso”, según la definición de Quintanilla (1989) adaptada por Echeverría (2000a). Los museos, por lo tanto, deberían enseñar cómo se crean las tecnologías, representando a la tecnología como un proceso.

Dentro de este acercamiento, al tratar la tecnología también se buscaría extender la comprensión pública acerca del trabajo y del papel de los ingenieros en la sociedad, con la comunicación de las similitudes –la especialización de conocimientos, la utilización de la habilidad matemática, del pensamiento crítico, la realización de investigación a través modelos, simulaciones y experimentos, y de las diferencias –en sus distintos objetivos, sobre todo comprender la naturaleza versus solucionar un problema– en relación con la ciencia⁹. Por otro lado, un acercamiento CTS revelaría la relación de la tecnología con la sociedad. Es la sociedad la

⁸ Para Quintanilla (1989), “las relaciones entre ciencia y técnica son mucho más complejas, multifacéticas y problemáticas de lo que permite ver cualquiera de los dos enfoques unilaterales”, haciendo referencia al enfoque intelectualista que concibe la tecnología como aplicación práctica de los conocimientos científicos y al enfoque pragmatista que considera que la base de todo conocimiento es una experiencia práctica, a partir de la cual evoluciona. Este autor defiende una postura ecléctica, “que reconozca al mismo tiempo la autonomía de la técnica, como parte de la cultura humana, y su interacción con otras partes de la cultura, como las manifestaciones artísticas o la misma ciencia”.

⁹ De forma similar, al concepto de alfabetización científica, el concepto de alfabetización tecnológica define a la “persona que comprende, de modo cada vez más sofisticado y que evoluciona con el tiempo, qué es la tecnología, cómo se crea y cómo moldea la sociedad, y en cambio, cómo es moldeada por la sociedad” (ITEA, 2000)

que crea las instituciones y financia el trabajo científico y técnico, mientras que los valores humanos determinan las necesidades y problemas determinan las cuestiones que científicos e ingenieros investigan. En cambio, el conocimiento científico y la aplicación tecnológica cambian la sociedad (Sneider *et al.*, 2002).

Una vez mejor comprendidos los procesos de aprendizaje, tanto de las ciencias como en entornos informales, procedemos con la investigación del concepto de museo virtual, así como de cuestiones de su implementación práctica, como forma de complementar y potenciar los museos y centros de ciencia interactivos tradicionales.

Capítulo 5 – Museos virtuales en Internet

Este capítulo trata de investigar el actual panorama teórico y práctico acerca de los museos y centros de ciencia virtuales en Internet, analizando de forma crítica cuáles son las posibilidades y limitaciones únicas de este medio para este tipo de institución de enseñanza informal y cómo pueden complementar las actividades realizadas por el museo real en este ámbito. Se abordarán no solo los conceptos que subyacen a esta nueva forma de representación cultural, a través del análisis de los conceptos de museo, de museo científico y de museo virtual, como también se describirán los contenidos, recursos y características que este tipo de institución puede aportar a la sociedad, además de comentar algunas cuestiones de carácter pragmático y práctico de la gestión de los museos virtuales

5.1. Definición y conceptualización del museo virtual

Una posible definición el museo virtual es:

Una colección organizada de artefactos electrónicos y recursos informativos, prácticamente todo lo que pueda ser digitalizado. La colección puede incluir pinturas, dibujos, fotografías, diagramas, gráficos, grabaciones, secuencias de vídeo, artículos de periódico, transcripciones de entrevistas, bases de datos numéricas y cualquier conjunto de ítems que puedan ser guardados en cualquier servidor del museo virtual. También puede ofrecer sugerencias sobre recursos relevantes en el mundo de los museos (McKenzie & Jamie, 1997).

Sin embargo, esta definición no contempla todas las posibilidades, si tenemos en cuenta que “seguramente la visita a un museo virtual nunca tendrá el mismo impacto cognitivo y emocional como podría producirlo cualquier visita real a un museo. El contacto directo con la pieza y la sensación envolvente del museo son aún características propias de entornos reales como el museo” (Serrat, 2001).

El concepto básico en el que se sustenta el museo virtual sería, según MacDonald (1992), el de “*connectedness*”¹ o “la presentación interrelacionada e interdisciplinar de la información museística, con el auxilio de los recursos multimedia, la capacidad de trascender el museo físico en la habilidad de presentar información”.

O en palabras de Hoptman (1992):

El concepto del museo virtual demuestra cómo las limitaciones impuestas por el método tradicional de organizar y presentar información pueden ser superadas en el contexto de las visitas al museo. Rápidamente, el Museo Virtual proporciona múltiples niveles, perspectivas y dimensiones de información acerca de determinado tópico: proporciona no solo recursos multimedia (texto, imágenes visuales a través de

¹ No existe traducción para este término, pero se referiría a la capacidad de establecer conexiones –entre la propia información y entre los usuarios.

fotografías, ilustraciones o video, y audio), sino que proporciona información que no ha sido filtrada por estos métodos tradicionales.

De forma que la gran diferencia del museo virtual residiría en la capacidad de establecer vínculos entre los objetos, dar la oportunidad al visitante de centrarse en sus temas de interés y establecer un diálogo interactivo con el museo, lo que implicaría el cambio de paradigma desde el enfoque en la colección (en el objeto) hacia la audiencia (las personas) conforme se ha comentado anteriormente. Así, además de la capacidad de realizar interconexiones entre los bloques de información, uno de los principales requisitos de los museos virtuales sería el reconocimiento de que el ambiente virtual es interactivo y que por lo tanto, el enfoque se encuentra en el usuario (Bearman, 1995).

Sintetizando todas estas matizaciones, Schweibenz (1998) propone la siguiente definición:

El museo virtual es una colección de objetos digitales lógicamente relacionados compuesta de una variedad de medios, y, debido a su capacidad de proporcionar “*connectedness*” y varios puntos de acceso, se presta a trascender los métodos tradicionales de comunicación y la interacción con el usuario es flexible en relación con a sus necesidades e intereses; no posee lugar en el espacio real, sus objetos y la información relacionada pueden diseminarse a través de todo el mundo.

Por otro lado este autor también observa la tendencia de confundir el museo virtual con todos aquellos “recursos de información digitalizada relacionados con museos”.

Además del término “museo virtual”, también se mencionan frecuentemente los siguientes términos, atendiendo al mismo concepto: museo electrónico, museo digital, museo en línea, museo hipermedia, meta-museo, Web-museo, museo del ciberespacio.

5.2. Definiciones y características del museo virtual

5.2.1. Características y tipología de los museos virtuales

Una clasificación de los museos virtuales frecuentemente utilizada es la realizada por Piacente (1996), que según su tipología identifica tres tipos de páginas Web que representan a los museos en Internet. La primera categoría sería el “**folleto electrónico**”, en su esencia un formato de propaganda como los folletos utilizados en la promoción del museo (*ver 5.3.1.*). El folleto electrónico presenta información básica sobre el museo, como su historia, fotos del exterior y del interior, fotos de algunos contenidos disponibles, horarios de apertura, precios, tarifas y datos de contacto. La segunda categoría es el “**museo en el mundo virtual**”, o sea, la proyección del

museo físico en el ambiente virtual, con la representación de planos, información sobre colecciones y exhibiciones, además de exposiciones en línea. Algunas veces estos tipos de museos utilizan el espacio virtual para archivar exposiciones retiradas o para enseñar elementos de sus colecciones que no se encuentran disponibles para el público del museo real a través de bases de datos interactivas. Por último, en los museos virtuales **“verdaderamente interactivos”**, existe alguna relación con el museo físico, pero también se reinventan o se añaden elementos, involucrando de paso a los visitantes en actividades interactivas.

A su vez, Tinkler (1998) enumera algunas de las funciones del museo virtual. En primer lugar, debe ser un recurso dedicado a proporcionar soporte a las exposiciones presentes en el museo físico, generando interés e incentivando la comunidad a visitar el museo real o funcionando como recurso de profundización para aquellas personas que han visitado el museo recientemente. Además, puede ser un recurso de investigación, dotado de herramientas como el catálogo del museo y una enciclopedia relacionada con sus contenidos y al mismo tiempo funcionar como un centro comunitario catalizando el debate y la discusión y permitiendo la participación en foros de discusión en línea. El museo virtual también debería considerarse una extensión del propio museo, obteniendo ventaja de las capacidades del museo digital para crear exposiciones diseñadas específicamente para el entorno virtual y explotando áreas que serían imposibles de tratar en un museo físico

Goldman y Wadman (2002), en una investigación sobre los contenidos de los museos virtuales, han identificado los siguientes objetivos: promoción y marketing del museo, educación, acceso amplio a sus contenidos, suministro de información, entretenimiento, generación de un sentido comunidad, generación de rentabilidad, presencia en Internet y ofrecimiento de servicios generales. Con estos contenidos se relaciona los objetivos de mejorar la comunicación con el público, atraer visitantes, complementar una visita real y explorar recursos potenciales del museo.

Morrissey y Worts (1998) enfatizan esta necesidad de personalizar y contextualizar la experiencia museística, en el sentido de “relacionar el contenido de los programas del museo con la identidad (experiencias pasadas, actitudes, valores, miedos, etc.) del visitante. (...) La contextualización ayuda a los visitantes a reflexionar acerca de sus experiencias dentro de sistemas de valores, creencias y conocimiento compartidos”.

La contextualización de la experiencia se puede realizar a través de una serie de estrategias, dentro las cuales destacan incluir la experiencia e historia personal del visitante, de manera que este deje un poco de sí mismo, con la posibilidad de auto expresión y afirmación, y de aumentar la riqueza del contenido del museo. La experiencia personal del visitante, tecnológicamente se podría implementar a través de los libros de visitas o foros de discusión.

Así, el visitante podría ser creador y contribuidor de una institución que es esencialmente social. Además, los museos de ciencia deberían intentar conectar el contenido con

la vida cotidiana del visitante, de manera que pudiera ocurrir la transformación de conceptos y principios abstractos en conocimiento internalizado. Una de las formas de lograrlo sería conectar los objetos a personas y a lugares y conectar las personas a otras personas. A su vez, facilitar el juego es una estrategia de especial consideración, dado que los visitantes realizan la visita por iniciativa propia, durante sus tiempos de ocio.

Las tecnologías interactivas y los formatos multimedia son recursos que pueden utilizarse para la creación de juegos creativos que permitan la experimentación con conceptos abstractos y el establecimiento de relaciones entre las informaciones adquiridas. De manera similar, los ambientes virtuales deberían ser dinámicos y capaces de reaccionar a las acciones e informaciones proporcionadas por los usuarios, permitiendo por ejemplo, la manipulación de variables y la experimentación de las consecuencias, facilitando la comprensión de la relación entre causas y efectos (*ver 6.2*). La utilización de historias y narraciones servirían para captar la atención y la imaginación de los visitantes, permitiendo el establecimiento de conexiones personales y de respuestas empáticas. Paralelamente, las exposiciones deberían buscar retratar múltiples perspectivas y puntos de vista, asegurando las distintas maneras de interpretar eventos y objetos. Estos puntos de vista pueden involucrar a distintas disciplinas, niveles de conocimiento, relaciones con el objeto, teorías o cuestiones filosóficas, de forma que permitirían una comprensión más rica de las cuestiones científicas y una visión de la ciencia como un proceso dinámico donde continuamente se forman, prueban y evalúan hipótesis, más que un cuerpo estático de conocimiento

En otro nivel, los museos deberían incentivar la participación y la toma de decisiones del público, potenciando la participación intelectual, la interacción social y permitiendo la síntesis de las informaciones. Un ejemplo, aplicado a los museos y centros de ciencia, serían las encuestas interactivas de evaluación sobre la actitud ante determinados temas científicos, con la oportunidad del visitante de comparar sus respuestas personales con las de la población general, aumentando la conciencia de cómo sus propias actitudes encajan dentro de un contexto más amplio.

Según Roberts (1997), estas diferentes perspectivas asociadas al establecimiento de tensiones y conflictos entre distintas concepciones permitirían la reconstrucción de visiones del mundo, dado que la diferencia entre la cultura del visitante y la cultura presentada en el museo pasa por un proceso de negociación y de construcción de significado. Esto supondría un cambio del paradigma “lógico-científico” (experto) a un paradigma “narrativo”, en el cual las múltiples interpretaciones de los visitantes sustituyen a la “verdad” incuestionable.

A modo de conclusión,

El desafío real es entender mejor cómo la tecnología puede iluminar y mejorar las complejas relaciones entre personas y objetos (...) Al mejor la tecnología puede facilitar experiencias en las cuales los visitantes pueden trascender y vivir más plenamente sus vidas cotidianas, pensamientos y actividades. Puede desafiar a los visitantes a reconsiderar o crear nuevos significados. Puede ayudar a los visitantes a ver sus experiencias en un contexto que les conecta con otras personas, otros lugares, otros tiempos. Puede ayudar a los museos a cumplir su potencial institucional mientras que ayudan a las personas a realizar sus potenciales individuales. El desafío final entonces no es sino situar la tecnología al servicio de la comprensión y mejora de la experiencia humana. (Morrissey & Worts, 1998).

5.2.2. Las relaciones entre el museo físico y el museo virtual

De todas las discusiones que cercan el concepto del museo virtual, una de las que más cuestionamientos suscita es si es posible tener una experiencia significativa o “real” visitando el museo virtual². Aunque los medios digitales y las redes de comunicación puedan ampliar y dar nuevos significados a la información que un museo proporciona a su público, la cuestión de la suplantación todavía es muy fuerte como para olvidarse:

(...) Hay una paradoja en el corazón de la relación entre museos y ordenadores. Los ordenadores pueden expandir, profundizar e incrementar la experiencia del museo de distintas maneras. Pero en su misma esencia, los museos se centran en el mundo real, en la colección, conservación e interpretación de objetos reales. Uno de los principales retos con los que se encuentran los museos es utilizar la tecnología de la información sin dejar de lado su identidad principal: lo virtual sin abandonar lo real (Mintz, 1998).

En otras palabras, el museo virtual debería proporcionar en su dominio experiencias multimedia auténticas, pero sin aspirar a la autenticidad del objeto real, que por propia definición no puede ser mediada. Nunca habrá un “museo virtual” en el sentido completo de la palabra, porque la visita virtual es fundamentalmente una experiencia mediática, y no una experiencia museística³:

El elemento museológico y museográfico prioritario es la realidad, esto es, el objeto real o fenómeno real. El texto, la voz, la imagen, el juego, la simulación, la escenografía o los modelos de ordenador son elementos prioritarios en otros medios, como las publicaciones, la TV, el cine, el parque temático, las clases, las conferencias, el teatro, etc., pero en museografía son sólo elementos complementarios. Una exposición nunca debe basarse en tales accesorios, es decir, una exposición de accesorios de la realidad puede ser muchas cosas, pero no una exposición. (Wagensberg, 2000)

² Una cuestión interesante sería preguntarse “¿Dónde estamos realmente cuando nos encontramos en el espacio virtual? ¿Estaríamos sentados en una silla, en un escritorio o habitación?, o ¿flotando en un espacio etéreo, en el “reino de los *bits* y *bytes*”? La respuesta sería posiblemente en ambos, en un espacio híbrido tanto real como virtual, pues a la vez que uno está navegando en el ciberespacio, buscando y siguiendo conexiones, disfrutando de todo tipo de objetos virtuales, también tiene la conciencia del espacio físico real, del entorno que le afecta (Friedlander, 1999).

³ Una excepción interesante serían los museos dedicados a la computación *per se*, los museos científicos y los museos para niños, que frecuentemente exploran la computación como tema. En este contexto especial “lo virtual casi literalmente es el real” (Mintz, 1998).

Una de las características del museo virtual es que posee una dimensión cuantitativa, permitiendo el suministro de una cantidad mayor de información, que la que es posible de otras maneras. Por ejemplo, permitiría proporcionar acceso a la información a los discapacitados que no pudieran disfrutar de una visita al museo físico y posibilitaría mantener la información constantemente actualizada. A su vez, la dimensión cualitativa de los museos virtuales se relacionaría con la exploración de espacios virtuales y de sus posibilidades, que analizaremos a continuación.

El centro del concepto del museo es su dependencia de la realidad, del objeto real, debido a razones físicas y metafísicas. En relación con todas las definiciones propuestas las funciones tradicionales de los museos se ven reflejadas en su congénere virtual, de forma que éste sería una extensión del museo a través de un nuevo medio (Teather, 1998). Por otro lado, las características físicas del objeto, la textura y la escala de visualización son parámetros que todavía no se pueden replicar de ninguna manera en los medios digitales. O puesto de otra forma, el procesamiento de información que proviene de un objeto y de una pantalla son interpretadas por el cerebro de manera distinta, de forma que las dos experiencias no se pueden equiparar. A su vez, las razones metafísicas, o la capacidad de asombro ante la experiencia de interacción con el objeto real, se relacionarían con el concepto de aura (*ver 3.2.2*) (Mintz, 1998).

En tal caso, dada la imposibilidad del museo virtual de sustituir al museo real, al primero le quedarían dos opciones: replicar los contenidos existentes, sin llegar nunca a alcanzar el mismo nivel de experiencia, o extender el museo a “algo más”⁴:

Un museo virtual considerado en su contexto a partir del museo real está incrustado dentro de las funciones en curso de aquel museo. El museo tradicional es un complejo de actividades, espacios y funcionalidades (exposiciones, educación, investigación, excavación, marketing, publicación y alcance público) entrelazados. El museo virtual puede recoger estas funciones también. Sin embargo, también puede extender la amplitud de información en oferta para presentar todas las colecciones y permitir múltiples interpretaciones y perspectivas (Kenderdine, 1999).

En ambos los casos, la representación del museo real en la Web, respondería a los distintos grados de virtualización posibles. El grado máximo de virtualización se encontraría en el

⁴ Otra posibilidad es la creación de museos completamente virtuales, disociados de un museo real. El *País Virtual Museum of Art – MUVA* es un ejemplo de creación de un museo totalmente virtual que recoge el arte contemporáneo de Uruguay y Latino América. El MUVA no existe en la realidad objetiva, sino en un espacio virtual diseñado por cuatro arquitectos, distribuido en cinco plantas con exposiciones permanentes y temporales. La construcción de un museo de estas características supondría un coste prohibitivo para la realidad económica uruguaya. De manera similar, es el caso del *National Museum of Australia*, en línea desde 1995 pero que ha abierto sus puertas físicas en 2001. Ubicado en la capital, Canberra, relativamente distante de Sydney, el museo desde su concepción tiene el objetivo de utilizar la tecnología para alcanzar audiencias distintas y remotas. (Peacock, 2002). Por último, Young (2000) presenta la propuesta de un museo completamente virtual cuyos objetivos serían desarrollar un ambiente de aprendizaje a distancia utilizando redes de ordenadores, presentaciones multimedia y bases de datos, proporcionando un canal ampliamente accesible entre el mundo de la investigación científica y el ciudadano normal.

momento en que el museo virtual facilitase una experiencia única al visitante que no se pueda replicar en el museo físico.

Por último, como destaca Helfrich (2000), una relación intensa entre el museo físico y el museo en línea proporciona una extensión natural, como punto de partida para la realización de un proyecto de características más trascendentes.

5.2.3. El aura y el valor del objeto real

Como se ha comentado, la visita al museo virtual implica una serie de efectos sensoriales de olores, de sonidos y de tacto configurando una “aura” que solamente se puede encontrar de forma limitada en la interacción con un ordenador. El concepto de aura ha sido introducido por Walter Benjamín en 1936 en el famoso artículo “La obra de arte en la época de la reproductibilidad técnica” y planteaba la cuestión del fenómeno de liberación del objeto frente a la pérdida de su autenticidad, acompañada de una apertura a nuevas formas de percepción. Según Benjamín, el objeto se caracteriza por el *hic et nunc*, el aquí y ahora, la unicidad de su presencia en el sitio en que se encuentra y que constituye su autenticidad. El concepto de “aura” estaría relacionado con la “aparición única de una realidad lejana, por próxima que pueda estar”. La reproducción mecánica también permitiría una mayor accesibilidad a los productos culturales, desde el ámbito privado hacia el público, desde las elites hacia las masas populares. En su tiempo, lo que sustituía el objeto original era la ilusión de la imagen en movimiento, los “*close-ups*” y la cámara lenta; en la sociedad post-moderna es la imagen digital y la realidad virtual.

Una de las preguntas que los museos virtuales plantean entonces, es ¿el aura perdida puede ser compensada o sustituida en el ámbito digital, satisfaciendo la necesidad de encantamiento? En otras palabras, el asombro por el objeto se refleja de alguna forma en la imagen digital, ¿en un posible “aura digital”? (Hazan, 2001).

En los museos, los objetos se aglutinan y se contextualizan, pasando por un proceso de “museificación”, a través del cual se solidifican los valores culturales. En el museo, la exposición es artificial y temporal pero se basa en objetos reales “robustos” que sirven como referentes para la elaboración de discursos culturales y procesos históricos⁵.

⁵ La nota negativa de la museificación se da por el aislamiento del objeto del mundo exterior, generalmente en vitrinas. La vitrina se puede entender como el elemento de protección del objeto del mundo del observador y viceversa. Según Wagensberg (1997), “el vidrio [de la vitrina] cierra la percepción humana a todos menos a uno de los cinco sentidos: sin el flujo de partículas, no hay sensación de olfato, ni de gusto; sin contacto, no hay tacto; con vibraciones amortiguadas no hay sonido (...) ni oler, ni tocar, ni paladear, ni oír...sólo mirar. Sólo mirar”.

A su vez, los ambientes virtuales pueden proporcionar nuevos puntos de acceso para los contenidos del museo, al mismo tiempo en que pueden recordar al usuario lo estimulante que puede ser la visita. La clave para el éxito de los museos virtuales sería entonces “transformar el espacio híbrido real y virtual de forma transparente y que permita el descubrimiento individual, una oportunidad para el aprendizaje incremental y un ambiente estimulante para la interacción social” (Hazan, 2000)⁶.

En este sentido, los museos pueden asumir el papel de una forma común de representación en el ciberespacio, pese a que “en la imaginación popular, así como en los discursos académicos establecidos, los museos representan el poder centralizado y el mundo material, mientras que la realidad virtual representa un espacio material más democrático” (Witcomb, 1997).

Como destaca esta autora, la virtualización del museo viene ocurriendo desde hace tiempo. Por ejemplo, con la dificultad de disponer de algunos objetos específicos, ha emergido la importancia de la fotografía como elemento sustitutivo, acompañada de textos explicativos. El comentado cambio de enfoque hacia la información ha tenido como consecuencia que los mensajes comunicados previamente a través del objeto pueden comunicarse por la imagen fotográfica. También el video se ha utilizado para expandir la interpretación de los objetos y relatar historias imposibles de tratarse solamente con objetos. En último término, las exposiciones mediáticas poseen el potencial de transformarse en una exposición en sí misma. Así, que el museo físico también se está volviendo un espacio virtual, imágenes de museos exhibiciones y colecciones son superpuestas a los objetos del museo (*ver 5.5*).

En una sociedad saturada por las imágenes reproducidas mecánicamente –o mejor, electrónicamente– la exhibición de videos, las instalaciones de realidad virtual y las exposiciones interactivas superarían la experiencia museística. De manera similar, la aceleración del flujo de objetos como bienes materiales, capital, dinero, comunicaciones, y de sujetos como los trabajadores, turistas e inmigrantes se realiza en el espacio y en el tiempo⁷. Esta aceleración hace que los objetos carezcan ya de sentido, y por lo tanto se vuelvan desechables. Como resultado de estos dos procesos, en la sociedad actual dependemos cada vez más de experiencias mediadas, de simulacros que sustituyan al original en lo que se podría llamar un proceso de “des-realización” (*ver 1.3.1*).

En los museos virtuales el sentido de “des-realización” estaría relacionado con el fenómeno “*one click to go*”. Es decir, a través de un único *click* se podría acceder a todo un museo y

⁶ A este efecto Barr (1998) lo denomina “*cyberambience*”, el arte de crear un entorno de aprendizaje atractivo a través de su apariencia visual.

⁷ En tratamiento teórico más profundos sobre ésta y otras consecuencias de la post-modernidad se puede encontrar por ejemplo en Lash y Urry (1994) y Giddens (1997).

visualizar en miniatura todas sus funciones. Pero mientras que este tipo de información puede ser útil para visitantes potenciales, también hay una pérdida del aura.

Según Hazan (2001), mientras que la metáfora del museo virtual puede vaciar el sentido del objeto, la liberación en relación con el objeto original es suficientemente potente como para abrir nuevas posibilidades de diseminación. El potencial de interactividad de los nuevos medios, su inclusión en los sistemas sociales y culturales de la comunicación instantánea y la propulsión de los espacios sacralizados a través de la distancia constituirían los elementos que configurarían el aura digital

En relación con esta última idea, posicionar un museo en la Red significa romper el paradigma de exclusividad social que proyecta su imagen. La apertura de espacios prohibidos es una técnica común en las tecnologías de la realidad virtual, observada por ejemplo en juegos de ordenador, y es esta accesibilidad la que refleja el hecho de que los museos se encuentran cada vez más implicados en los flujos de información contemporáneos.

Sin embargo, la virtualidad creciente del museo requiere un contrapunto equivalente en su materialidad. La materialidad de los objetos funcionaría como una garantía contra la simulación y según Witcomb (1997), “la creciente museificación del mundo y la mediatización paralela del museo han representado una tensión incómoda en la cual el mundo de la simulación garantiza la relevancia continuada del mundo material”. En otras palabras, la intensa mediación característica de la “Era de la Información” ha creado la necesidad por objetos auráticos, por materializaciones permanentes y reales, de forma que, la existencia de objetos virtuales aumenta la presencia aurática del objeto en el mundo físico

5.2.4. Lo real y lo virtual en el museo: oposición y complementación

Una de las principales características de los museos es que la proximidad entre el visitante y los objetos de interés cultural o científico en exposición supone una relación que intensifica el sentido de atención y la comprensión del contexto alrededor de estos mismos objetos. De esta manera, la creación de museos virtuales conlleva una contradicción y un reto, pues describe la cuestión de cómo crear una exposición virtual que se aproxime a la poderosa experiencia de los objetos originales (Tinkler, 1998).

La función de un museo virtual sería la de reflejar la imagen de un museo físico, en el sentido de que debería constituir una herramienta para compartir recursos de valor con una comunidad, estableciendo y fomentando el sentido colectivo. Uno de los grandes valores de los museos contemporáneos sería la habilidad de controlar lo que el público ve, de establecer una

agenda, incentivando el diálogo y la discusión y provocando la reflexión. Las contrapartidas virtuales de los museos deberían adoptar la misma postura, funcionando como una extensión del museo mismo⁸.

Los objetos son vínculos, en el contexto más amplio del tiempo y del espacio, entre experiencias personales y aquellas de la experiencia humana. Los objetos pueden simbolizar, recordar o iluminar algo que tiene sentido para nosotros – una relación, un lugar, un hecho, un tiempo (Borysewicz, 1998).

Un ambiente virtual bien diseñado integraría el escenario del ambiente físico real, reflejando el tamaño y la amplitud del museo, qué experiencias esperar y también proporcionaría un nivel de información detallado (Fernström & Bannon, 1997).

Por otro lado, replicar la estructura de un museo físico en el museo virtual supone auto-imponerse limitaciones como los espacios de exhibición inadecuados, la limitación del número de objetos y del número de narrativas utilizadas (Kydd & MacKenzie, 1997).

Entretanto, Bogomazova y Bronnikov (2001) matizan que las reconstrucciones en ordenador posibilitan la presentación de información compleja de forma visual de tal manera que permite la comprobación y el refinamiento de la realidad misma. Esta característica sería útil, por ejemplo en la interpretación de procesos, con la reconstrucción de un proceso de creación o renovación, del ciclo de vida de un objeto o permitiendo visualizar las etapas de un fenómeno con el beneficio de la modelación visual dinámica, como animaciones o video. De ahí que el museo virtual no sustituye al museo real, sino que lo complementa por que “permite al visitante comprender sus impresiones y sentimientos, y construir las ideas principales según su nivel de percepción”.

En el caso del *Museo Nazionale della Ciencia e della Tecnica Leonardo da Vinci*, de Milán, el museo ha decidido que simular una visita al museo real llevaría a la pérdida de “algo”, debido a la atmósfera única que el museo proporciona. Este museo se encuentra ubicado en un antiguo monasterio del siglo XVI, repleto de claustros y galerías, por lo cual esta atmósfera peculiar sería difícil de replicar en una visita virtual. La estrategia seguida fue la de destacar algunos objetos del museo, sugiriendo que muchos otros se podrían contemplar durante una visita real. También se ha evitado imágenes de los objetos reales del museo, dando lugar a dibujos y a fotos de su utilización en contexto reales, “intentando restablecer la relación entre el objeto y el museo tan frecuentemente perdida por el congelamiento del museo” (Barbieri *et al.*, 2000).

La concepción del museo como repositorio de objetos, o lo que se podría denominar simulacro del artefacto, constituiría un abordaje descontextualizado y fragmentado. Si los

⁸ Aunque según una agenda radical, “trasladar museos al ciberespacio significa recordar para qué servían originariamente, apreciar para qué se utilizan en la actualidad y luego, crear algo completamente distinto” (Silverstone, 1992).

visitantes de los museos se contentaran con la observación pasiva de los objetos, no habría necesidad de las complejas técnicas de presentación e interpretación utilizadas en los museos físicos en la actualidad. Si la comunidad museística pretende utilizar los ambientes virtuales como extensión de las prácticas contemporáneas, debería aproximarse a las experiencias dinámicas e interactivas, o lo que se podría llamar simulacro interactivo (Sumption, 2000).

La visita virtual puede proporcionar una visita que no puede ser ofrecida, o es de difícil realización en el mundo físico. Se podría visitar la colección de varias maneras, siguiendo vistas personalizadas de acuerdo con las características intrínsecas de un objeto –por ejemplo un mismo material, una misma funcionalidad– igualmente con la creación de contextos artificiales. A la vez, en el medio virtual también serían posibles distintas formas de exploración, por ejemplo una visita general guiada versus una exploración más detallada de un tipo especial de objeto con la disponibilidad de cambiar entre una u otra. Estos tipos de visita podrían atender a varios escenarios con visitas especiales para discapacitados (*ver 5.3.6.2*), para ancianos o para niños, dotados no sólo de caminos diferentes a través del museo sino de espacios para reflexión e interacción específicos. En condiciones ideales, o sea con tiempo y presupuesto ilimitados, sería posible crear una visita infinita, con varios niveles de profundización desde lo más básico hasta lo más especializado (Fernström & Bannon, 1997).

En las colecciones sistemáticas, como las de los museos de historia natural, el número creciente de artefactos presenta un problema no solo de almacenamiento, sino que solamente una fracción de los contenidos se puede exhibir al público, dada la limitación del espacio disponible. Asimismo, las exposiciones en línea abren espacio a materiales que no se pueden mostrar al público, como objetos almacenados o que son demasiado frágiles y sensibles para exhibirlos.

5.3. Los contenidos de los museos virtuales

5.3.1. El “folleto” electrónico

Con el advenimiento de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación se ha generalizado la concepción de que todas las instituciones de nuestra sociedad se han visto obligadas a encontrar nuevas formas de auto-representación y de realización en el mundo virtual (Hazan, 1997).

Durante la conferencia “Ptolomé” realizada en 1999 en *La Cité des Sciences* en París, se realizó una investigación acerca del uso de Internet en museos y centros de ciencia. Los resultados indicaron una utilización conservadora, pudiendo describirse como “haciendo las

mismas cosas a través de nuevos medios” y con la ausencia de contenido específico y de valor añadido para la Web (Stavelotz, 2000). La forma más común de hacerlo sería a través del “folleto virtual”.

En el caso particular del sector museístico, los primeros museos en adentrarse en el mundo virtual se han basado en un medio preexistente, el folleto de divulgación. El folleto posee además, una forma bastante adaptable para representarse en la Web en la constitución de lo que se podría llamar “la máquina de propaganda personal”, dadas algunas características que ambos comparten: la distribución de un documento a una audiencia lo más amplia posible, la existencia de información visual y textual y la facilidad de publicación (Streten, 2000). Además, como elemento para causar una buena primera impresión, el museo virtual debería reflejar de forma precisa la institución que representa y actuar como un mensaje de bienvenida a las audiencias tradicionales y en línea (Hazan, 1997), otro de los elementos característico de este tipo de documento de divulgación. Por otro lado, el miedo a quedarse obsoleto en el ámbito digital también ha constituido una motivación para que los museos entraran en el campo de Internet sin una reflexión previa, lo que derivó en los folletos electrónicos (Quinn, 1998).

Pero uno de los aspectos más importantes en relación con la presencia en Internet está vinculado al hecho de que estar en la Red significa ser internacional por definición, con la posibilidad de una audiencia global. De esta forma, como otros muchos productos culturales, el principal factor transformador que aporta la Red es la alteración de los límites del espacio y del tiempo. Entre las principales características de los medios digitales están la velocidad en la transmisión de la información, casi instantánea y la velocidad en que los cambios suceden. La instantaneidad de todo el proceso tiende a destruir la noción del tiempo mismo. Estar en Internet significa estar disponible independientemente de la ubicación geográfica o de horarios fijados y este cambio afecta a todos los elementos fundamentales del marketing del museo, es decir: el producto, la audiencia y el medio de comunicación. Mantener una presencia en Internet proporciona el potencial de una publicidad en el ámbito mundial para el museo físico, de forma que las informaciones tradicionalmente incluidas en los folletos de divulgación del museo pueden trasladarse al medio digital, publicitando el museo a potenciales visitantes.

Según la definición de McLean (1997), “el marketing del museo es responsable de la identificación, anticipación, y satisfacción de las necesidades de los usuarios de los museos”. En los años ochenta, la aplicación de las teorías del marketing al sector museístico se vio al principio de forma sospechosa, pero luego pasó a ser vista como una “cuestión de supervivencia”, como una forma de dar respuesta a las fuerzas económicas externas y hacer el museo más flexible a la hora de atraer visitantes. En el sector de los negocios sin ánimo de lucro, el marketing es un instrumento fundamental para alcanzar las audiencias más amplias posibles y para moldear,

comunicar y proporcionar experiencias de calidad, relacionando la misión y los objetivos del museo con las necesidades y expectativas de sus usuarios.

La misión del marketing en el museo, no obstante, no se centra solamente en resultados económicos, a través de análisis de ventas o beneficios, sino en la maximización de la conciencia pública sobre la misión del museo y por implicación, de aumentar el nivel de las experiencias que el museo pueda proporcionar a sus visitantes. Además, la promoción del museo es clave para construir y mantener estas audiencias y en el establecimiento de relaciones con otros actores, como por ejemplo, patrocinadores, instituciones de financiación y autoridades.

Uno de los principales motivos de preocupación y rechazo de los museos virtuales se refiere al temor de que el acceso al museo virtual reduzca el número de visitantes al museo real. Sin embargo, es más probable que ocurra el contrario, por que se despertaría el interés de aquellos que nada sabían sobre los conocimientos y objetos guardados en los museos (Bowen, 1999a).

Parece ser que el efecto generado ha sido el aumento de las visitas al museo físico, como han manifestado diversos directores de museos (Galani, 2000; Goldman & Wadman, 2002). Hoy se reconoce que atender a las necesidades de información del visitante físico del museo tiene tal importancia, que por ejemplo se ha incluido explícitamente en la declaración de objetivos del sitio Web del *Museum of Science* de Boston, además de atender a los navegantes de Internet que solamente buscan información científica (Rodley, 1999).

Por otro lado, un “folleto virtual” bien construido, alcance el nivel del “museo en el mundo virtual” también puede facilitar mucho la visita, proporcionando una mejor comprensión de los objetos disponibles y la posibilidad de planificar el itinerario. Tiene sentido, por ejemplo, en el museo *Leonardo da Vinci*, que posee 40.000 metros cuadrados y una gran variedad de exposiciones (Gaia, 2000).

En cuanto a los folletos y mapas de localización, en el medio tradicional la información en general es limitada, con la presentación de los planos de los pisos, algunas veces indexados a través de sus contenidos, y de las áreas generales del museo. En el folleto electrónico, a través de mapas multifuncionales interactivos se pueden incorporar distintas rutas a través del museo, proporcionando más opciones al visitante y configurando una manera de individualizar la visita (Rayward & Twidale, 1999).

Por último, la naturaleza modesta de los sitios Web de museos existentes también puede ser una decisión deliberada, siguiendo el argumento de que las exposiciones reales son bastante interactivas y no pueden convertirse fácilmente en presentaciones en Web. La creación de experiencias interactivas comparables a la exposición en sí mismas requieren inversiones sustanciales de tiempo y capacidad técnica. Otro factor importante es la falta de financiación para cubrir los costes de desarrollo y mantenimiento de un museo virtual, y por lo general, las

instituciones utilizan el presupuesto dedicado a las relaciones públicas y al marketing, fondos preciosos en si mismos, para la construcción de sus congéneres virtuales (Friedman & Marshall, 2002).

5.3.2. Colecciones y exposiciones en línea

En relación con las colecciones de objetos, Sakamura (s.d.) destaca el carácter perenne de todos los medios de registro disponibles en la actualidad, con el deterioro inevitable de todos los materiales tangibles de registro. Mientras que las copias de registros analógicos, por ejemplo pinturas y esculturas, con el mismo grado de fidelidad del original son prácticamente imposibles, es posible realizar copias perfectas de datos digitales, utilizando técnicas como la renovación periódica de la copia, mediante la utilización de la teoría de codificación digital y la información redundante. Así, por lo menos teóricamente es posible realizar una preservación permanente de determinado artefacto digital. Paradójicamente, con la prevención del deterioro, la digitalización contribuye al proceso de preservación y por consiguiente, de mantener la realidad de las cosas⁹. Sin embargo, según el actual estado de desarrollo de la ciencia y de la técnica, independientemente de la manera en que se realice la réplica, esta nunca puede contener más información que el original –algo que ya afirmaba Benjamín y que nos lleva a pensar que el concepto de aura puede estar fundado científicamente– y sobre todo verdadero en el caso de la digitalización, donde siempre hay una pérdida de información. Por otro lado, la acumulación de información y de relaciones y la situación de estas informaciones en un contexto son las principales ventajas del museo virtual sobre el museo real.

Aún con la existencia de ciertas limitaciones, el concepto de permanencia nos lleva directamente al de archivo o colección digital, donde la digitalización no se limita a imágenes, sino que se extiende al texto, a la información tridimensional, a los sonidos y al video.

Otro concepto de la colección en línea frecuentemente destacado en la literatura se refiere a que mientras existen exposiciones permanentes en muchos museos de ciencia, la limitación de espacio y la política del museo limitan el tiempo en el que determinadas exposiciones pueden estar abiertas al público. En el ámbito virtual, sin embargo, tales limitaciones prácticamente no existen (Orfinger, 1998).

Históricamente la automatización en los museos se ha utilizado para el control de inventarios y ha derivado en la creación de sistemas de gestión de colecciones, mientras que otro

⁹ Un ejemplo sería la conservación de las pinturas rupestres existentes en la cueva de Chauvet-Pont-d'Arc. Después de la digitalización de todas las imágenes la cueva fue cerrada herméticamente, para conservar estos registros y las pinturas pasaron a prácticamente “existir” solamente en su versión digital

esfuerzo menor se ha centrado en los departamentos educativos de los museos a través de exposiciones interactivas. Hasta la mitad de los años noventa estas dos líneas de actuación se han diferenciado una de la otra debido a limitaciones tecnológicas, sobre todo en lo que se refiere a herramientas de autoría, plataformas informáticas y *software* utilizados:

exposiciones interactivas multimedia	sistemas de gestión de colección
diseñados para la explicación y el acceso	diseñados para el control de inventario
Interfaz de usuario buena	interfaz de usuario pobre
basado en narrativas, ofrece visión coherente da algún dominio del conocimiento	basada en el objeto, inexistencia de un punto de vista amplio del dominio del conocimiento
registros limitados y cuidadosamente seleccionados	registros ilimitados, todos disponibles
Frecuentemente, inexistencia de una base de datos	por general, una base de datos poderosa
navegación del usuario limitada	navegación del usuario ilimitada
Siempre usuario individual	usuario individual o múltiples usuarios
Sistema cerrado	sistemas abiertos e interoperables
Estático	dinámico (herramientas orientadas hacia el manejo de datos en constante aumento y actualización)

Cuadro 3.1. Líneas de actuación en informática museística (Donovan, 1997).

En la actualidad, el desarrollo de la tecnología permite que estos dos tipos de aplicaciones compartan muchas de las mismas características. En este sentido, las aplicaciones Web constituyen una promesa y una posibilidad de combinar las narrativas con las bases de datos de objetos individuales.

Las colecciones en línea suelen disponer de mecanismos de búsqueda vinculados a bases de datos y permiten el flujo de navegación desde la colección general, pasando por una versión reducida de la imagen del objeto hasta una ampliada, acompañada de una leyenda o explicación. Esta metodología mimetiza el método de presentación utilizado por los museos físicos tradicionales: la información centrada en el objeto individual y segregada en galerías o áreas temáticas, limitaciones innecesarias en el ambiente virtual (Donovan, 1997). Además, utiliza la información producida por especialistas para la generación del texto presentado, consistiendo un canal de única vía para la comunicación (Durbin, 2003).

Las colecciones estructuradas en bases de datos, por lo tanto, atienden a una audiencia específica, generalmente la de los expertos o científicos que necesitan consultar la colección, además de exigir un conocimiento previo para su pleno aprovechamiento. Para este público específico, la digitalización permite que los investigadores manejen los objetos virtuales, hasta encontrar lo deseado, reduciendo el posible daño sobre los objetos originales. Sin embargo, las interfaces suelen ser poco manejables para aquellos usuarios no expertos y poco atractivas en general.

En este sentido, se observa la necesidad de cambiar la metáfora de presentación, desde la elaboración de listas hacia la narración lo que también supondría cambiar el paradigma del sistema de información del museo desde la gestión de colecciones hacia la gestión de contenidos capaz de suministrar contenido con un valor añadido de forma dinámica. La principal razón de este cambio es el hecho de que la primacía del objeto no se mantiene en el entorno virtual, por lo cual no tendría sentido utilizar una forma de presentación basada en él. Los museos deberían centrarse más en el “qué”, el “quién”, el “dónde”, el “cuándo”, el “cómo” y el “por qué”¹⁰, intentando contar historias y destacando la contextualización histórica y cultural, de paso presentando los objetos mezclados en esta narrativa. Este tipo de presentación fomentaría la curiosidad y la exploración de los contenidos de forma aleatoria.

Tradicionalmente los museos han creado materiales como narrativas históricas, cronologías, perfiles biográficos, imágenes, video y audio, con distintos objetivos y usos, pero estos no se han incorporado a los sistemas de información finales, lo que ha conseguido que este esfuerzo creativo se haya perdido una vez finalizada la exposición. Como conclusión, sería más productivo para los museos gastar un tiempo finito en la creación de valor añadido para algunos pocos objetos, que pocos datos para muchos objetos.

Borysewicz (1998) a su vez subraya la familiaridad de la tradición museística con el diseño de contenidos, redacción de guiones, planificación la navegación, comprensión de la psicología del aprendizaje y tradición de experimentación e innovación juntos constituyen una base sólida para el traslado de la actividad del diseño de exposiciones reales al medio virtual, pues estas habilidades serían comunes a las dos modalidades y por lo tanto, existirían afinidades inherentes entre contenidos de exposiciones reales y en línea. Siguiendo un razonamiento similar, en el intento de traer la “auténtica experiencia del museo a la Web” se debería conservar la perspectiva de interacción e implicación desarrollada por los profesionales del museo durante años de experiencia con la visita pública y aplicarla al nuevo medio (Semper, 1998).

En cuanto a las exposiciones, la experiencia de visita a un museo real es esencialmente una de sinestesia y multi-sensorialidad, además del hecho de que la naturaleza del espacio físico permite una visión comprensiva del todo y provee el contexto para la realización de elecciones individuales. Estas limitaciones suponen un reto al intentar traducir la experiencia de visita de un ambiente 3D a 2D. Un intento de superar esta barrera sería la utilización de “webcams” que transmitieran de forma continua imágenes de las exposiciones y del entorno del museo¹¹.

¹⁰ Lo que se conoce en el periodismo científico como las cinco “W”, pues estas cinco palabras, en inglés empiezan con esta letra del alfabeto y definen la gramática narrativa del discurso periodístico (Calvo Hernando, 1997).

¹¹ La utilización de *webcams* también puede tener un sentido pedagógico, por ejemplo, al demostrar como el día y la noche cambian a través del globo terrestre –situadas en distintos museos dispersos a través del globo– se podrían utilizar como base para actividades de aprendizaje de geografía y astronomía, como sucede en el caso del proyecto *TryScience* (ver 3.6).

Este tipo de comunicación, por otro lado, también aportaría la ventaja de aproximar el museo a sitios remotos, como laboratorios o sitios de investigación lejanos, de manera similar a los “webcasts” (*ver 5.3.5.*)

Una exposición en línea debería ser más que la representación en formato digital de las colecciones del museo; una exposición eficaz así como en el museo real debe revelar las relaciones subyacentes entre distintos objetos y su contexto y debe diseñarse para crear una experiencia. Se pueden observar dos diferencias fundamentales entre una exposición en línea y una exposición física. La primera, la de que un ordenador nunca será capaz de replicar o simular la experiencia táctil que el contacto con el objeto puede suponer. Luego, que la visita a un museo virtual suele ser una experiencia más solitaria que la visita a un museo real, que suele ser una experiencia social. Debido a estas diferencias, más que una representación digital del espacio físico, los museos virtuales deberían sacar partido de algunas cualidades únicas de los medios digitales para crear experiencias atractivas y novedosas.

El museo virtual debería proporcionar experiencias y no solamente información abstracta y en este sentido es necesaria la creación de demostraciones y exposiciones en línea. En el primer caso, se pueden diseñar las mismas características de una demostración realizada en el museo físico, además de la posibilidad de incentivar a los visitantes en línea a que realicen por sí mismos la actividad propuesta. Tecnológicamente también sería posible la utilización de comentarios explicativos en fragmentos de audio para simular la experiencia real, teniendo siempre en cuenta que “una demostración museística es en parte objeto, parte espectáculo, parte interacción con la audiencia” (Semper, 1998).

Los experimentos virtuales y las simulaciones (*ver 6.2.*) también tendrían un importante papel en el museo virtual, con la justificación de que “muchos sofisticados procesos científicos, técnicos e industriales sólo es posible simularlos mediante las ricas convergencias multimedia interactivas, que, además, permiten reconstruir la evolución histórica” (Moreno, 1997). Freeth (1998) menciona la posibilidad de que los experimentos virtuales hagan uso de simuladores, por ejemplo, en exhibiciones que ilustren la física newtoniana. Asimismo, se podría aplicar a la disección de artefactos físicos, a la creación de soluciones colaborativas de diseño y a la manipulación de artefactos físicos (Friedlander, 1998).

El establecimiento de un servicio de noticias que retraten la actualidad científica, en una convergencia del museo con los medios de divulgación científica tradicionales, como los periódicos y las revistas, también es una posibilidad en el medio digital. Sin embargo, como destaca Freeth (1998), los contenidos de actualidad científica y de noticias exigirían el establecimiento de algún tipo de colaboración con otra institución, ya que generar la información actualizada resulta muy caro.

Como una exposición física, una exposición en línea eficaz debe utilizar varios métodos para que el visitante interactúe con la exposición. Aunque la variedad es una cualidad importante e influyente en el diseño de exposiciones eficaces, es importante crear entornos provistos de un tema dominante, facilitando que el usuario establezca conexiones entre la información presentada en distintas partes de la exposición y haga inferencias acerca de su sentido como un todo:

Ninguna herramienta puede superar la falta de una buena idea, un esquema de organización general poderoso, y un material temático interesante. Hay una única constante en el mundo digital, y es que las tecnologías más innovadoras y punteras que se están utilizando hoy se encontrarán anticuadas mañana. El objetivo de una exposición eficaz es crear una experiencia cuyo significado e impacto sea independiente de la tecnología utilizada para implementarla (Semper, 1998).

Sin embargo, las exposiciones virtuales en la misma medida en que son diseñadas para responder a intereses generales también reflejan la visión del propio museo de lo que es importante, distintivo y de valor, según criterios de intencionalidad e ideología (Rayward & Twidale, 1999).

Por último, independientemente de los avances tecnológicos, la creación de exposiciones virtuales que se aproximen a la “intimidad” de una exposición real siempre será una tarea difícil, por que requiere una gestión cuidadosa, un diseño inteligente y el dominio de las tecnologías disponibles.

Por otro lado, Tinkler (1998) cuestiona cómo mantener una narrativa coherente en el ambiente de no-linealidad característico de la Web¹², dificultad que se hace omnipresente en la tarea de adaptar exposiciones reales, que son sencillamente visuales, a la “pantalla pequeña”. Se necesitan, por ejemplo, auxilios de navegación para localizar dentro de toda información disponible aquella relevante, y que permitan la libertad de navegación sin abrir mano del sentido de localización¹³. De tal forma que el plano físico de la exposición, entendida como metáfora, se podría utilizar como herramienta de navegación, pues teóricamente permite la visualización inmediata de la importancia relativa de los tópicos y de las relaciones entre sí. Pero el medio virtual también posibilita modelos de navegación / visita que no tienen paralelo en el mundo físico, como por ejemplo los mecanismos de búsqueda de imágenes y textos relacionados con un tópico específico o las interfaces personalizadas de acuerdo con el perfil del visitante (*ver 5.5.6*).

¹² Este dilema apunta a una paradoja acerca de la utilización del hipertexto, con la imposición de una cierta linealidad rígida. En otras palabras, los museos ya utilizan esquemas lineales forzosos, dejando al usuario un menor grado de elección (Kydd & MacKenzie, 1997). En este sentido, el problema sería más bien como sacar partido de la no linealidad del hipertexto.

¹³ La flexibilidad del hipertexto posibilita un comportamiento errático, con la posibilidad de que el visitante pase de una determinada sección a otra con un simple *click*. En el museo físico tal libertad no es posible y la comparación sería la posibilidad de un visitante de salir volando por el techo o atravesar paredes.

Para la realización de una adaptación directa de una exposición real a su equivalente virtual, los textos, imágenes y materiales impresos existentes son aquellos elementos más fáciles de adaptar, de forma que las páginas Web mimetizarían los paneles existentes. Más delicada sería la “traducción” de objetos reales tridimensionales. Aunque existan tecnologías de realidad virtual que permitan la exploración y la representación de objetos, una cuestión aparentemente irresoluble está relacionada con el valor estético del objeto, de su aura (*ver 5.2.3*).

Otra posibilidad de la exposición virtual es la de proporcionar vistas adicionales a los objetos, como por ejemplo ampliaciones o análisis de rayos X, permitiendo una inspección a nivel de detalle imposible en el museo físico donde los objetos se encuentran aislados (Rayward & Twidale, 1999). En concreto, en el campo de la tecnología, se pueden proporcionar más niveles de interpretación, con la adopción de un balance entre las explicaciones técnicas de cómo los objetos funcionan y las explicaciones sociales e históricas de su importancia cultural (Dede & Ruess, 2000).

Como señala Marable (1999), la narración constituye la forma más antigua utilizada por la humanidad para el intercambio de ideas y se podría utilizar dentro del ámbito museístico en la creación de experiencias bien integradas y atractivas para el visitante. Particularmente en el ambiente virtual destacan las narraciones interactivas que permiten al visitante participar de forma activa en el desarrollo de la historia. Una de las formas posibles de la narración interactiva sería a través de la participación directa del público en foros de discusión, donde se aportan relatos, fotos, experiencias personales, en sustitución del modelo unidireccional utilizado tradicionalmente en narrativas, con una audiencia esencialmente pasiva.

De esta manera el visitante puede ser también el autor, a través de su contribución al discurso. Otra forma de narración interactiva es aquella que proporciona múltiples perspectivas de un mismo fenómeno o evento, que en la vida normal serían mutuamente excluyentes. Aunque en el caso de temas de no-ficción estos modelos presenten un desafío para su puesta en marcha y requieren nuevas técnicas de creación, el dominio de los recursos técnicos disponibles y convenciones para su tratamiento, serían suficientes para aumentar la percepción del público acerca de la existencia de distintos puntos de vista y de múltiples verdades.

Hermann (1999) destaca que las narraciones proveen conexiones emocionales entre los individuos, entre la cultura común, con otras culturas y con los artefactos, relatando el proceso a través del cual gradualmente los museos han evolucionado hacia un lugar donde los objetos son situados dentro de un contexto narrativo. Sin embargo, la interpretación narrativa dentro de un contexto físico debe trasladarse al ambiente virtual y del potencial narrativo de la Web. Al contrario de lo que ocurre en el espacio físico, en la virtualidad los sustitutos digitales de los objetos ceden su importancia a la narración. Más que eso, las historias en general son

independientes de los medios y con la difusión de sustitutos digitales de cada vez mejor calidad, el objeto físico puede volverse irrelevante.

Sin las restricciones de linealidad de las páginas de un libro o las demandas de una audiencia de masas, y utilizando herramientas como la realidad virtual, el museo virtual se encaminaría hacia la mentalidad del “museo como teatro” en oposición al concepto del “museo como templo”.

5.3.3. Visitas virtuales y ambientes de realidad virtual

Aunque menos utilizada, probablemente debido a la complejidad tecnológica involucrada en su creación, una aplicación de interés para los museos científicos virtuales son los ambientes de realidad virtual que proporcionan una visita virtual al museo. Según Barbieri y Paolini (2000), las visitas virtuales se pueden clasificar según tres tipos. El primero, más sencillo y asequible, está constituido por un conjunto de páginas Web dispuestas de forma lógica y con el objetivo de proveer una visita guiada a las instalaciones del museo. El segundo tipo utiliza ambientes en 3D navegables, por ejemplo utilizando la tecnología Quicktime VR (*ver abajo*) y proporciona una sensación mínima de presencia, pero que resulta una experiencia solitaria para el visitante. Por último, una visita virtual en un ambiente de simulación 3D proporciona una ampliación de lo real permitiendo al visitante un mayor grado de libertad y que éste interactuara con modelos y objetos, “tocando libremente”, y con la posibilidad de interacción con otros visitantes virtuales. El grado máximo de visita virtual se produciría en cuanto este tipo de ambiente permitiera la interacción a tiempo real entre los visitantes virtuales (*ver 5.4.1.*).

A su vez, Alonzo, Garzotto y Valenti (2000) añaden el concepto de navegación temporal 3D, con la exploración de dos dimensiones de la virtualidad: el espacio virtual reconstruido a través de imágenes de síntesis y el tiempo virtual, logrado por la posibilidad de cambio entre varios marcos temporales. Aunque su aplicación natural sea a museos de arqueología o historia, la técnica de navegación temporal se puede aplicar a cualquier dominio cultural, en el que el contenido posea una marcada dimensión histórica o temporal.

Otra posibilidad, que surge como alternativa a la complejidad técnica que implica un ambiente en 3D es la tecnología Quicktime VR (QTVR) utilizada en la visualización de escenas del mundo real. Un fichero típico presenta un escena panorámica interactiva en 360° grados, un pseudo ambiente en 3D, generado a partir de imágenes fijas, a la cual se pueden vincular otros objetos interactivos como secuencias de video, sonido, imágenes, direcciones de páginas Web u otras escenas QTVR.

5.3.4. Materiales y actividades didácticas

Sobre la cuestión de cómo facilitar la alfabetización científica el museo debería ofrecer recursos didácticos atractivos y posibilitar la reflexión y la comparación, vinculando de esta forma el grupo de alumnos con la sociedad. Recursos como juegos –crucigramas, asociaciones entre palabras, rompecabezas y sopas de letras– clasificados según niveles de dificultad constituirían algunos de los elementos disponibles para los alumnos (Correa & Ibáñez, s.d.). La provisión de materiales y actividades didácticas se analizará con más detenimiento en el próximo Capítulo.

5.3.5. Aplicaciones de banda ancha y media streaming

En términos genéricos, la banda ancha hace referencia a la velocidad de conexión de un usuario a Internet. Las tecnologías de acceso de banda ancha más comunes y asequibles para el público residencial son el cable de fibra óptica (*cable modem*) y ADSL y son de 10 a 1200 veces más rápidas que la conexión a través de módem. Esto permite el uso extensivo de aplicaciones multimedia de alta calidad, sobre todo audio y vídeo, cuya utilización se veía limitada anteriormente por las bajas velocidades de acceso. Otro rasgo característico es que el usuario se encuentra permanentemente conectado a Internet, lo que lleva a cambios en el modo en el que los usuarios interactúan con Internet. Aunque se espera el crecimiento del número de usuarios de banda ancha en todo el mundo, en la actualidad todavía un pequeño porcentaje de los usuarios de Internet posee este tipo de acceso. En abril de 2002, la banda ancha llegaba a 32% de los usuarios que accedían a Internet desde casa o del trabajo en Estados Unidos, contabilizando 38 millones de usuarios individuales (Jupiter Media Metrix, 2002), mientras que en España el 6,2% de los hogares disponían de banda ancha, con el liderazgo (15,8% de los usuarios de banda ancha) de la utilización de tecnología *streaming* en Europa (NetValue, 2002).¹⁴

Por este motivo, todavía son pocos los ejemplos de sitios Web proyectados especialmente para banda ancha, destacándose aquellos que buscan un nicho de mercado. A su vez, los museos tienen la misión de servir un público lo más general posible y por lo tanto deben adoptar una postura conservadora.

¹⁴ Según los datos del Instituto Nacional de Estadística, en 2003 el 35% de los hogares españoles accedían a Internet a través de la banda ancha (INE; 2003), un aumento considerable.

Una de las posibilidades sería la creación de dos versiones distintas para un mismo sitio Web; una que utilizara una gran variedad de medios interactivos y multimedia y otra más tradicional. Esta aproximación, sin embargo, posee una serie de desventajas; los usuarios de banda ancha podrían elegir la versión de banda estrecha, los usuarios de banda estrecha podrían sentirse desfavorecidos, y otros no tendrían claro que versión elegir. Un problema mucho más significativo es el tiempo y el coste necesario para producir y mantener dos sitios Web distintos.

Teniendo en consideración estos problemas, una de las mejores políticas es crear sitios Web flexibles, que contengan elementos multimedia escalables, que se adapten automáticamente o bajo elección del usuario, a sus capacidades. En otras palabras, la estructura y los contenidos de los sitios sería la misma para todos usuarios, pero algunos elementos multimedia tendrían más de una versión disponible, según la calidad. Esta solución aporta mucha flexibilidad, ahorrando trabajo al desarrollador, y los usuarios menos favorecidos podrían navegar por la estructura general para después decidir acerca de si invertir tiempo en descargar determinado elemento de interés. Un ejemplo de este acercamiento se utiliza hace mucho en Internet: son las versiones “*thumbnail*” de imágenes, o sea, imágenes de pequeño tamaño enlazadas a una versión de resolución más grande. De forma generalizada esta técnica también se podría aplicar a los elementos de audio y vídeo, aunque la creación de versiones distintas de un mismo archivo pueda implicar en una cantidad adicional de trabajo, es mucho menor comparada con la creación de un sitio Web duplicado.

En la medida que el número de usuarios de banda ancha crezca, los museos tendrán que encontrar maneras atractivas de atraerlos, con el riesgo de perder la audiencia para experiencias más atrayentes existentes en la Web. Por otro lado, concentrar los esfuerzos en el desarrollo de aplicaciones de banda ancha puede ser arriesgado, pues debido a la limitación de recursos los museos deberían dedicarse a crear recursos flexibles e inclusivos. Existe, por lo tanto, una tensión entre la creación de recursos que puedan sacar partido de la tecnología más avanzada y alcanzar un público lo más general posible. En este equilibrio influye la necesidad de innovación y experimentación, por un lado, y la limitación de recursos económicos y de generación de ingresos, por otro.

Sin duda, una de las aplicaciones más características de Internet de banda ancha, es la media *streaming*. Este término hace referencia a una secuencia de sonido y video transmitida a través de Internet. Con aplicaciones *streaming* el usuario no necesita descargar los ficheros completamente antes de visualizarlos, sino que puede visualizarlos mientras son transmitidos. La información es enviada en una corriente continua

Para utilizar la tecnología *streaming* el usuario necesita una aplicación de ejecución, un programa especial que descomprime y envía los datos de audio y video a sus respectivas salidas de *hardware*, y que generalmente se deben descargar e instalar por el propio usuario, aunque su

distribución sea gratuita. Las principales tecnologías de media *streaming* disponibles son el Real Player, con los formatos Real Audio y Real Video, Microsoft Windows que utiliza el algoritmo de compresión de video estándar MPEG-4, Apple Quicktime y VDO. En comparación con los primeros años de Internet, la tecnología *streaming* se ha vuelto más asequible; ordenadores, cámaras digitales y herramientas de autoría para la edición de video han abaratado sus precios, así como el coste de transmitir a través de Internet.

Pese a todo, las principales cuestiones involucradas en su uso en un museo serían si esta tecnología podría utilizarse de forma que mejorase la experiencia de los visitantes de museos virtuales y cuáles serían las maneras de mejor aprovechar la naturaleza de “doble sentido” de la comunicación en Internet.

Según un estudio piloto de usuarios realizado por la *Science Learning Network*¹⁵ (SLN), un grupo significativo de usuarios (22%) tiene acceso a Internet a velocidades superiores a 56 Kb y serían aptos para utilizar tecnología *streaming* (Semper, Wanner, Jackson, & Bazley, 2000).

La utilización de tecnología *streaming* en museos virtuales se puede dar de dos maneras distintas, que generan a su vez distintos métodos de presentación y requieren capacidades tecnológicas diferenciadas según su complejidad. La primera forma de presentación sería la emisión **en diferido** o **bajo demanda**. El uso más común del vídeo bajo demanda es como complemento dentro de un contexto de información basado en texto e imágenes, de forma que tenga un valor añadido para aquellos usuarios habilitados para visualizarlos. De manera general, es una variedad más de medio utilizada para presentar determinada información. Por otro lado, también se han observado iniciativas en las cuales el video es un punto fundamental de la presentación, y alrededor del cual se crea el contexto de discusión y se incluyen explicaciones más profundas. En ambos casos, una técnica interesante es la utilización de varios segmentos cortos de video, en oposición a un segmento más largo y completo, lo que permite a los usuarios una flexibilidad más grande a la hora de elegir cuáles segmentos ver.

La segunda forma de presentación, conocida como *webcast* (una combinación de los términos Web y *broadcast*, haciendo referencia a la transmisión pública en radio y TV) consiste en la transmisión en vivo de determinado evento a través de Internet, utilizando la tecnología *streaming* como medio; se puede considerar un objetivo propio, más que una técnica de

¹⁵ Programa piloto realizado entre 1995 y 1997, por seis museos de ciencia norteamericanos, con financiación de la empresa *Unysis* y de la *National Science Foundation*, con el objetivo de fomentar la enseñanza de las ciencias a través de las nuevas tecnologías en las escuelas primarias. Los museos en cuestión son *Franklin Institute*, *Boston Science Museum*, *Minesotta Science Museum*, *Oregon Science and Industry Museum*, *Exploratorium* y *Miami Museum of Science* (Helfrich, 2000). En la actualidad el proyecto se ha expandido más allá de su marco original, aceptando miembros institucionales y constituyendo una comunidad en línea de educadores, estudiantes, escuelas y museos de ciencia interesados en un nuevo modelo de educación para las ciencias. De la misma manera, se ha establecido otro proyecto, entre el *Franklin Institute* y el *Science Museum* de Londres, denominado *Online Museum Educators* (OME) y cuyo objetivo es investigar la creación de exposiciones virtuales y los materiales educativos asociados (Jackson, Blazey, Clark, Elinich, & Bottaro, 2001).

enriquecimiento de la información. En la actualidad, la ejecución de una transmisión en vivo todavía presenta limitaciones en el medio –baja calidad del video, retrasos en la transmisión, tamaño pequeño de la ventana de video– y supone una complejidad técnica y organizativa que se podría considerar permanente. Pese a las dificultades, los *webcasts* poseen una interesante aplicación en las iniciativas virtuales de museos, sobre todo de los museos de ciencia, al atraer visitantes remotos al museo físico o localizaciones remotas al museo físico y su equivalente en la Web. Las iniciativas más pioneras en este sentido se han llevado a cabo por el museo *Exploratorium* de San Francisco; por ejemplo en 1999 transmitió en vivo, desde Turquía, un eclipse total del sol, acompañado por los visitantes del museo y de su página Web. Según Fayard y Arboleda (2001) este tipo de *webcast* constituye una interesante mezcla de periodismo, educación, entretenimiento, arte y relaciones públicas, donde las fronteras disciplinares e institucionales se disuelven.

Mientras los visitantes del museo físico han disfrutado bastante de este tipo de transmisiones, los usuarios de Internet han tenido una impresión un poco menos favorable. Uno de los motivos es la larga duración de este tipo de evento. La utilización activa, con la realización de tareas, que caracteriza a los ordenadores no es compatible con la asistencia pasiva de películas largas. Este hecho lleva a que los asistentes virtuales abandonen el evento, pasados algunos minutos. Si la presentación en la Web pudiera ser más dinámica, con la misma interacción personal que la vivida por los asistentes del museo o con una participación activa mayor de sus asistentes, se podría lograr una asistencia más larga.

Otro punto importante es que también para un *webcast* se hace necesaria la construcción de una página informativa tradicional, con texto e imágenes, que enriquezca la experiencia y provea el contexto necesario para la comprensión de los fenómenos visualizados o discutidos. Sin embargo, la presentación del video en una ventana separada ha dificultado la utilización de estos mecanismos por parte de los usuarios durante el evento en vivo, problema compartido por una posible ventana de *chat* que posibilitara una experiencia de retorno comunicativo y por lo tanto menos solitaria, por ejemplo.

Para superar estas dificultades sería necesario el desarrollo de un “visualizador de *webcasts*” que incorporara distintas ventanas, para la comunicación a tiempo real con otros asistentes (emulando la interacción social del museo físico) para la información contextual en distintos formatos y para el video propiamente dicho. Idealmente, la ventana de video se adaptaría automáticamente a configuración de velocidad de acceso y de *plug-in* utilizado por el usuario y también se podrían utilizar técnicas de personalización del entorno de aplicación. En la actualidad, con la tecnología disponible el desarrollo de esta aplicación es factible (Spadaccini, 2001).

En todos los casos, una vez pasado el momento de transmisión de un evento en vivo existe la posibilidad de mantener una versión en archivo, momento en que el *webcast* se transforma en vídeo bajo demanda. En cuanto el número de usuarios de banda ancha crezca en el futuro, estos archivos tendrán mucho más valor (Spadaccini, 2000).

Pese al alto coste y al esfuerzo necesarios para la realización de estos eventos, Kanter (1999) defiende que estas iniciativas se justifican, porque pueden alcanzar un público objetivo muy específico, en comparación con los medios de difusión más tradicionales. Por otro lado, estos proyectos, dentro del ámbito museístico, solamente son posibles si hay una cooperación estrecha con socios tecnológicos poderosos, como por ejemplo, empresas de telecomunicaciones que absorban parte de los costes. En este sentido, estas compañías y los portales de contenidos en Internet que valoran contenidos de alta calidad, algo que los museos pueden proveer en abundancia.

Particularmente en el campo de las ciencias, los objetivos de un *webcast* atienden a necesidades concretas, por ejemplo, permitiendo conectar el museo en vivo a lugares donde se realiza la actividad científica, y fomentando así el papel del museo como intermediario entre el mundo científico y sus principales instituciones y el público. El museo se convierte entonces un centro experimental en sí mismo.

El anteriormente citado proyecto “*Live@Exploratorium*”, el pionero en este campo, ha derivado en iniciativas más específicas. Por ejemplo, el sub- proyecto “*Origins*” tiene como objetivo utilizar los métodos descritos anteriormente para llevar a los visitantes a excursiones de campo a los laboratorios de investigación científica básica como el CERN y el *Goddard Space Flight Center* de la NASA, abarcando temas como la formación del universo, la creación de la materia y la historia de la vida. Se trata de una aproximación original a la divulgación de la ciencia básica ofreciendo a los visitantes virtuales una ventana abierta al mundo de la empresa científica y ejemplos reales del método científico en acción y de la labor de los científicos (Semper, 2002), siguiendo el principio de que “los mejores estímulos para que el ciudadano siga al científico se inspiran en los mismo estímulos para que el científico haga ciencia” (Wagensberg, 2000).

A su vez, Palazzi y Paolo (2001) hacen una valoración del programa denominado “*LIVE from CERN*”, a partir de una primera experiencia con un *webcast* realizado dentro de la programación del “*Live@Exploratorium*” y que ha generado una serie de eventos propios. Asimismo una institución tan dotado de recursos como el CERN reconoce la complejidad de promover este tipo de evento, pues supone la participación de muchas personas en su producción, así como las barreras derivadas de los equipos necesarios y el coste. Para superar estas dificultades se sugiere la colaboración con grupos de comunicación, centros de investigación científica y patrocinadores externos, sean entes privados o instituciones públicas.

5.3.6. Aspectos de la interfaz: personalización, agentes inteligentes y accesibilidad

5.3.6.1. Personalización y agentes inteligentes

Según observan Paterno y Mancini (1999), los diferentes tipos de usuarios de un museo virtual acceden a la información con distintos objetivos; pero también se diferencian en relación al trasfondo, particularmente sus conocimientos previos. De ahí la necesidad de presentar la información más adecuada con el objetivo de facilitar al máximo la incorporación de la nueva información y el aprendizaje.

Otra ventaja de las denominadas interfaces adaptativas es que sirven para que el usuario no se “pierda” en el ciberespacio, dado que el tamaño, complejidad y heterogeneidad de los sistemas hipermedia aumenta cada vez más, dificultando la navegación y la recuperación de la información.

En este punto conviene hacer una distinción conceptual: los sistemas adaptables son aquellos sistemas que permiten que el usuario modifique algunos parámetros del sistema y luego adapta su comportamiento de forma correspondiente. Mientras tanto, si el sistema se adapta de forma automática, se dice que el sistema es adaptativo.

En ambos casos, estos sistemas utilizan la información disponible acerca de un usuario específico, representada en un modelo, para presentar partes segmentadas de la información general contenida en el museo y enlaces distintos para la navegación.

Con relación a los modelos de usuario, éstos pueden ser estáticos o dinámicos. En el primer caso se asigna un estereotipo al usuario, por ejemplo, principiante- intermediario-experto y se le asigna un conjunto de temas, determinados por su tipología. En el modelo dinámico, se tiene en cuenta el grado de familiaridad del usuario con cada tema, mediante el recuento de los accesos anteriores, lo que significa que el modelo tiene en consideración la evolución cognitiva del usuario y se adapta a ella. Los dos modelos se pueden utilizar en combinación, por ejemplo, utilizando la modelación estática para determinar los valores iniciales para un modelo dinámico.

La principal dificultad de construir un sistema adaptativo es estructurar la información de modo que las adaptaciones sean posibles. La adaptación puede ocurrir en tres niveles: el de presentación, que hace referencia a los tipos de medios visualizados, el de distribución gráfica de contenidos y el de los atributos de visualización.

En la actualidad, las técnicas de presentación adaptativas se centran en la presentación adaptativa de texto, de forma que distintos usuarios pueden visualizar distintos textos en el contexto de una misma página. En este sentido destaca el concepto de “*stretchtext*”, un

tipo especial de hipertexto. Este hipertexto, más que llevar el usuario a otra página, extiende el texto cuando un nodo (“*hotword*”) es activado, sin que cambie la página. La idea del “*stretchtext*” adaptativo reside en presentar una página con todas las extensiones de “*stretchtext*” relevantes al usuario desplegadas y las no relevantes no desplegadas. Una de las ventajas de esta técnica es que el usuario puede sobrepasar la limitación de la información adaptada, al seleccionar por su cuenta las “*hotwords*”. En cuanto a las clases de información que se pueden incluir en un sistema adaptativo, destacan la información de resumen, por ejemplo sobre determinado tema de interés del usuario, o informaciones que susciten curiosidad, comentarios o discusiones, que destaquen diferencias entre distintos elementos de información y permitan la realización de comparaciones entre distintos ítems de información.

Por otro lado, Hitzeman y Oberlander (1997) describen una tecnología que da un paso más allá del hipertexto, el hipertexto dinámico, en el cual parte del texto presentado al usuario es escrito de antemano y parte es generado dinámicamente según las informaciones proporcionadas por el perfil de usuario. Asimismo, el “historial de discurso” documenta qué materiales ha visualizado el usuario y permite presentarle información nueva, en una nueva visita.

En cuanto a la navegación, el objetivo del soporte de navegación adaptativa es ayudar a los usuarios a encontrar su camino a través de la aplicación hipermedia, adaptando los enlaces según su perfil. Las técnicas más utilizadas son la **guía directa** (“*direct guidance*”), donde el sistema decide cual es el mejor enlace a seguir, lo que limita y perturba al usuario que no quiere seguir la sugerencia del sistema; la **ordenación adaptativa** (“*adaptive ordering*”) donde el sistema ordena los enlaces presentes en determinada página según el modelo de usuario, presentando los enlaces más relevantes en una posición superior; el denominado **ocultación** (“*hiding*”), en el cual el sistema oculta los enlaces no relevantes, restringiendo el espacio de navegación disponible y reduciendo la sobrecarga cognitiva del usuario y por fin, la **anotación** (“*annotation*”), donde el sistema aumenta los enlaces con comentarios que proporcionan más información al usuario sobre los mismos, y que son presentados de forma textual o visual.

De todas las formas, un sistema adaptativo siempre debería proporcionar al usuario la posibilidad de cambiar de perfil o de desactivar por completo la interfaz de personalización. La experiencia demuestra que sistemas totalmente adaptativos fallan frecuentemente en su misión de facilitar utilidad al usuario, puesto que éstos últimos pueden sentirse confundidos por los cambios inesperados del sistema. Un acercamiento más adecuado sería incluir algunos recursos adaptativos manteniendo mientras tanto el control total o permitir la personalización solamente cuando el usuario explícitamente solicita activar el soporte adaptativo. Otra posibilidad es que el sistema, teniendo en cuenta las acciones del usuario, sugiera que hay información adicional que pueda ser de interés (Paterno & Mancini, 1999).

A su vez, Bertolletti y Moraes (2001) presentan la metodología de agentes inteligentes, programas de ordenador basados en inteligencia artificial que buscan de forma automática la información considerada relevante según las especificaciones de un usuario, aplicadas a los museos. Los agentes inteligentes auxilian en la navegación y operación del sistema, superando la necesidad de un entrenamiento inicial y ayudando en la exploración de la información. Su utilización es propuesta dentro del ámbito del SAGRES, un museo virtual cuyo objetivo es la creación de un ambiente de aprendizaje, basado en la estructura física del Museu de Ciências e Tecnologia da Universidade Pontificia Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Brasil . Busca la colaboración entre el museo y las escuelas, además del acceso a la información del museo a una comunidad más amplia.

Los agentes inteligentes además de constituir una herramienta para la presentación de información adaptada, se benefician de una poderosa metáfora social, a través de la representación de personajes animados antropomórficos que reducen la ansiedad asociada con la interacción con ordenadores y haciendo la experiencia más amigable. En este sentido, la afectividad es reforzada por la simulación de comportamientos físicos y verbales humanos, como alegría, satisfacción y pena, por parte de los personajes.

La explicación proporcionada por los asistentes depende de dos factores, el contexto de información de la página y el perfil de usuario. En relación con este último concepto, el sistema propuesto diferencia tres tipos de usuarios. El primero, el visitante que realiza la interacción con el sistema de forma individual, determina su perfil registrándose en el sistema, indicando sus características, capacidades y preferencias. A su vez, el profesor determina el perfil del grupo, sus trasfondos y preferencias, además de los temas y actividades específicas de interés, siendo responsable de registrar a los alumnos y generar informes de evaluación. Y por último, al estudiante se le permite intercambiar información con sus compañeros y trabajar en las actividades determinadas por el profesor

5.3.6.2. Accesibilidad

El concepto de accesibilidad se encuentra relacionado con el de diseño accesible, que se puede definir como “una serie de principios que, si adheridos, promoverán el acceso a recursos para todas las personas, independientemente de las minusvalías físicas” (Angus, 2001). Igual que otras instituciones de carácter público, los museos físicos luchan por hacerse accesibles a personas discapacitadas; de la misma manera los museos virtuales deberían evitar que el acceso a sus informaciones fuera imposibilitada por barreras en la interfaz electrónica.

Por ejemplo, algunos de los contextos en los cuales el concepto de accesibilidad se revela fundamental, incluyen a personas que:

- Pueden no ser capaces de ver, escuchar, moverse o pueden no ser capaces de procesar algunos tipos de información fácilmente o en absoluto.
- Pueden tener dificultad en la lectura o comprensión de un texto.
- No tienen porqué tener o ser capaces de usar un teclado o un ratón.
- Pueden tener una pantalla que sólo presenta texto, una pantalla pequeña o una conexión lenta a Internet.
- Pueden no hablar o comprender con fluidez la lengua en la que esté redactado el documento.
- Pueden encontrarse en una situación en la que sus ojos, oídos o manos estén ocupados u obstaculizados (p. ej. conduciendo un automóvil, trabajando en un entorno ruidoso,...)
- Pueden tener una versión anterior del navegador, un navegador completamente diferente, un navegador de voz o un sistema operativo distinto. (World Wide Web Consortium,).

Un concepto fundamental dentro de esta discusión es la equivalencia. En el contexto de la accesibilidad, la equivalencia significa que un usuario que evite la presentación de un recurso, debido a discapacidad física u otra razón, sea capaz de elegir un recurso alternativo que le proporcione una experiencia “equivalente”. Sin embargo, la cuestión de lo qué es equivalente en el amplio rango de informaciones y servicios proporcionados por los museos es una cuestión abierta:

Generalmente, la cuestión familiar que se encuentra ahora integrada en el pensamiento acerca del mundo físico, “¿Cómo los museos pueden proveer experiencias de manera que proporcionen satisfacción para todos?” se extiende hacia la pregunta “¿Cómo los museos pueden proveer experiencias virtuales de manera que atienda a todas las necesidades, incluyendo las de aquellas personas que nunca podrían entrar en un museo físico?” (Nevile & McCathie, 2001).

En la actualidad se considera que el grupo de trabajo denominado “*Web Accessibility Initiative*” (WAI) del *World Wide Web Consortium* es la fuente más segura sobre informaciones relativas a la accesibilidad de sitios Web. El objetivo de un conjunto de catorce pautas¹⁶, elaboradas a través de un proceso de investigación intensivo y con la participación de expertos y de la comunidad de discapacitados, es crear un estándar y permitir que las comunidades de desarrolladores de contenidos, de herramientas de autoría, de dispositivos de acceso y de agentes inteligentes puedan alcanzar los criterios de accesibilidad especificados. Sin embargo, debido a su

¹⁶ Las pautas se encuentran disponibles en <http://www.w3.org/TR/WCAG10/>. Asimismo, existen traducciones de las pautas (<http://www.w3.org/WAI/GL/WAI-WEBCONTENT-TRANSLATIONS>), a varios idiomas, incluido el español.

naturaleza general, estas directivas necesitan interpretación y simplificación con el objetivo de atender al público específico de los museos. Por eso algunos museos han creado guías de estilo de accesibilidad propias, para atender a sus necesidades.

La mayoría de las pautas poseen carácter técnico e incluyen puntos de verificación que explican cómo se aplica la pauta en situaciones típicas de desarrollo de contenidos. Brevemente y a título de ejemplo, comentaremos algunas de las pautas más importantes en la aplicación a los museos virtuales.

Pauta 1: “*Proporcione alternativas equivalentes de contenido visual y auditivo*” recomienda que proporcione un contenido que, presentado al usuario, cumpla esencialmente la misma función o propósito que el contenido visual o auditivo. En el caso del audio, los fragmentos de audio con narraciones deberían acompañarse de una transcripción, siempre que esta cumpla la misma función que los contenidos visuales o auditivos. En relación con las imágenes, estas suelen ser de dos tipos, gráficos simples y figuras complejas. En el primer caso, como por ejemplo logotipos y elementos de la interfaz de navegación, bastaría con utilizar descripciones textuales breves sacando partido de una característica del lenguaje HTML. En el caso de figuras complejas, la pauta WAI sugiere distintas técnicas para incluir descripciones visuales, aunque en la actualidad no exista un estándar definido.

Pauta 4: “*Identifique el lenguaje natural usado*” recomienda que se utilicen marcadores que faciliten la pronunciación o interpretación de texto abreviado o en otro idioma para hacer el documento más accesible a usuarios multilingües, en el caso de que el usuario esté utilizando sintetizadores de voz o dispositivos braille.

Pauta 12: “*Proporcione información de contexto y orientación*” tienen como objetivo ayudar a los usuarios a entender páginas o elementos complejos y puede ser útil a todos los usuarios, como regla general.

Por último, la Pauta 13, “*Proporcione mecanismos claros de navegación*”, también se puede considerar de carácter general y tiene como objetivo incrementar la probabilidad de que una persona encuentre lo que esté buscando y facilitar la navegación en el espacio virtual, a través de esquemas consistentes y claros.

Anable y Alonzo (2001) destacan que de la misma manera que en los museos físicos las rampas de acceso y los ascensores han facilitado el acceso a todas las personas y no solo a aquellas discapacitadas, un fenómeno similar ocurre con los museos virtuales al mejorar su accesibilidad. Al observar las pautas WAI las páginas Web serán más fáciles de utilizar por todas las personas. Por ejemplo, descripciones textuales de vídeos y fragmentos de audio podrían ser utilizadas por usuarios con dificultades para ejecutar aplicaciones multimedia en sus equipos. Y las descripciones visuales de imágenes podrían ayudar a personas dotadas de una visión normal a darse cuenta de detalles que antes no habían percibido.

Por otro lado, la creación de múltiples equivalencias de un mismo recurso de información disponible para todos los usuarios, de manera independiente a sus necesidades especiales o habilidades de acceso, permite al desarrollador establecer una comunicación directa con el usuario, creando un efecto psicológico de inclusión y de participación. Para alcanzar este objetivo de manera eficaz, los creadores de contenidos deberían desde el inicio del proceso de diseño plantear distintos formatos y modos de presentación de la información para alcanzar la accesibilidad. En este sentido la accesibilidad sería la rampa de acceso “virtual”: las prácticas adecuadas de diseño incorporan la rampa de acceso desde el principio y todos usuarios pueden sentir su efecto, incluso más allá de la comunidad para quien se construyó el soporte de ayuda en primer lugar.

En la práctica es difícil lograr los mismos objetivos con todos los usuarios, aunque se utilicen distintas modalidades de presentación. En el museo virtual, entonces, la cuestión sería determinar cómo se puede disponer de una experiencia lo más rica posible, dado que algunos usuarios poseen necesidades especiales. La solución para este dilema residiría en proveer experiencias equivalentes o experiencias alternativas, dos conceptos complementarios.

El acceso equivalente suministra la misma actividad educativa, pero a través de una modalidad distinta, por ejemplo un libro escrito en braille. El acceso alternativo, a su vez, provee distintas actividades de aprendizaje, pero siguiendo un mismo objetivo educativo. Sin embargo, según Anable y Alonzo (2001), “lo que no está claro, y no es contestable en este momento, es la cuestión si la experiencia alternativa debe proveer acceso igualitario a la experiencia real o simplemente a la experiencia virtual”

5.4. La interacción social en los museos virtuales

5.4.1. Visitas cooperativas

Según Barbieri y Paolini (2001), el acceso a museos virtuales puede ser más interesante y atractivo si se alcanza un cierto grado de cooperación entre sus visitantes, transformando lo que es en la actualidad una experiencia solitaria en una experiencia social. Aunque, en algunos ambientes virtuales de cooperación –como por ejemplo los foros, “chats”, MUDS y MOOs– ésta parece ser la finalidad más que el medio para lograr un objetivo, en los museos, sin embargo, los visitantes en una visita colaborativa comparten el objetivo común de comprender los contenidos del museo, lo que es potenciado a través de una experiencia inmersiva de contacto con sus contenidos. En este sentido, los mundos virtuales en 3D, con avatares

representando a los visitantes virtuales, pueden convertirse en una manera eficaz de establecer relaciones de colaboración.

En la visita al museo real, las personas interactúan básicamente de tres formas. En la primera, la **visita libre**, una persona visita un museo de forma solitaria, concentrándose en las exposiciones de mayor interés personal. Mientras tanto, ve a otras personas y nota cuáles son sus intereses, sobre-escucha sus conversaciones. En la segunda, el **grupo débil**, varios visitantes van a un museo juntos. Conversan entre sí para intercambiar opiniones y sugerencias. Otra vez, comparten parcialmente la experiencia de la visita de personas a su alrededor. El grupo es “débil”, los miembros pueden separarse, formar subgrupos, parar por su cuenta, pero luego el grupo se reúne otra vez. En tercer lugar, en una **visita organizada o guiada**, un líder recorre el museo apuntando a exposiciones de interés especial, parando cuando es necesario y proporcionando explicaciones. Los otros miembros lo siguen de cerca, pero también intercambian comentarios entre sí, o se separan para visitar libremente y luego se reúnen con el grupo.

En este sentido, se observa la existencia de dos comportamientos extremos relacionados con el concepto de cooperación. En el primero, los usuarios cooperantes son pares con conocimientos y privilegios similares. En el segundo, uno o más de los usuarios tiene el control de la situación, con conocimientos o privilegios superiores a los demás, como sería por ejemplo, el caso de un guía de visita. En todos los casos, la cooperación debe seguir algunas pautas específicas de manera que los objetivos de la cooperación se alcancen.

Dentro del espacio virtual de colaboración, destacan algunas metáforas de cooperación que van a caracterizar la visita virtual y que suponen nuevas formas de disfrutar, aprender y relacionarse en el museo en línea. Por ejemplo, están los elementos de visualización o qué elementos son los del museo y cuáles son los otros visitantes que un determinado visitante puede visualizar. O el punto de vista, con la posibilidad de mirar a la misma escena desde más de una perspectiva, por ejemplo, desde puntos de vista fijos, desde los “propios ojos” o desde los “ojos de otras personas”, una cuestión que no posee congénere en la visita física. En relación con el movimiento en la escena, esta puede ser libre, seguir caminos pre-definidos, o depender de otra persona. El envío de mensajes de un participante se puede realizar a las otras personas (“*broadcast*”), a una única persona (“*whisper*”) o a un grupo limitado (“*chat*”); de la misma manera la escucha sigue las mismas categorías.

A su vez, la información representada directamente en el ambiente de cooperación no puede reproducir toda la información contenida en el museo virtual; de hecho el exceso de información puede saturar el espacio de cooperación. El espacio de cooperación debe ofrecer información suficiente para que el usuario pueda localizar puntos de interés y proporcionar rutas para que el usuario acceda a estos mismos puntos. El método más eficaz de implementación de una visita virtual, por lo tanto, es la combinación de técnicas 2D, adecuadas para el suministro de

información (imágenes, textos, gráficos) e inadecuadas para el manejo del aspecto general de una situación compleja y de técnicas 3D, adecuadas para manejar ambientes complejos, con varias personas y objetos e inadecuadas para comunicar información con una calidad aceptable, siempre y cuando los métodos para que la transición de una forma a otra no sean bruscas.

El grupo de investigación liderado por estos investigadores ha desarrollado una herramienta denominada WebTalk utilizando tecnología VRML, para la creación de mundos virtuales en 3D y aplicado en el *Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica "Leonardo da Vinci"*. Los visitantes virtuales pueden interactuar con componentes del mundo virtual, pueden ver a otros visitantes e intercambiar opiniones e informaciones. El usuario ve una pantalla dividida en dos partes. La pantalla superior presenta una representación 3D del mundo virtual con la posibilidad de interacción con objetos y avatares representando a los visitantes. La pantalla inferior está destinada a la comunicación. Algunos de los objetos funcionan como "puertas de entrada" para páginas WWW con más información. Este espacio social de interacción puede utilizarse para simular el espacio físico del museo real o ser un espacio virtual arbitrario diseñado para optimizar la visita.

Después de un año de funcionamiento del sistema se ha procedido al análisis de la utilización de la herramienta, utilizando como variable principal de análisis los tiempos de conexión al sistema (Barbieri & Paolini, 2000). Para analizar las conexiones realizadas con éxito hay que tener en cuenta que la página cargada con gráficos VRML y un programa Java tiene más requisitos que una página simple, pues el usuario necesita descargar *software* adicional. Así, de todas las conexiones realizadas durante el período, apenas un tercio del total fueran conexiones de éxito. De éstas, aquellas conexiones con un tiempo menor de 2 minutos se han considerado conexiones fallidas (30%). A su vez, los tiempos de conexión entre 2 y 10 minutos se han considerado experiencias insatisfactorias (50%), pues en este período de tiempo no ocurrió ninguna clase de colaboración, destacando también que los mecanismos de cooperación funcionan si existen otros usuarios con los cuales cooperar. Por último, las conexiones que duraron más de 10 minutos se han valorado como satisfactorias (20%). También se observó la predominancia del movimiento (69%) sobre la conversación (5%), con una mayor preocupación del usuario en moverse y explorar que en teclear mensajes. Las dos actividades realizadas en conjunto son difíciles de coordinar y los sistemas con intercomunicación vocal tendrían el problema de coordinar la comunicación en grupos grandes sin crear confusión. Como conclusiones, se ha determinado que las barreras técnicas son insuperables para usuarios con menos experiencia, y se necesita una solución técnica más eficaz, con una instalación de los componentes necesarios más sencilla. A su vez, la dificultad de añadir contenidos, con la necesidad de un alto grado de especialización en programación impide que el ambiente virtual presente contenidos actualizados y que inciten a los usuarios a repetir las visitas. Otro problema

es la ausencia de muchos visitantes simultáneos, lo que paradójicamente, imposibilita la consecución de la visita colaborativa.

Por otro lado, Galani y Chalmers (2002) también han presentado una propuesta de desarrollo con el objetivo de aportar el contexto social a través de un soporte tecnológico, específicamente a través de la Web y de aplicaciones de realidad virtual en 3D. El concepto sería algo distinto, con la integración de visitas al museo virtual y visitas al museo físico y teniendo en cuenta las similitudes e interdependencias entre los medios tradicionales y digitales, con el objetivo de fomentar la visita física por un lado y establecer una relación más sólida del visitante virtual con el museo.

En la visita a un museo real se experimenta una experiencia social síncrona cuando se hace la visita con parientes o amigos, o dentro de un grupo más grande, lo que nos lleva al concepto de co-visitante. Por otro lado, en el museo físico también se pueden realizar interacciones asíncronas, como por ejemplo a través de los libros de visitas, en los cuales los visitantes relatan sus experiencias personales, aunque esta comunicación no es personalizada o dirigida a una audiencia específica. Un ejemplo, utilizando las nuevas tecnologías, sería la *Wellcome Wing* del *Science Museum* de Londres, que ofrece la posibilidad de que los visitantes dejen y lean opiniones sobre controversias científicas y da la oportunidad de que creen páginas Web con los puntos altos de su visita para que puedan acceder más tarde con la familia y los amigos (Durant, 2000). Los desarrollos y nuevos hallazgos en los campos científicos por los cuales una persona ha demostrado interés o cambios en las exposiciones se envían de forma automática al visitante, a través de correo electrónico. A su vez, la interacción síncrona en medios virtuales debe servirse de tecnologías de mundos virtuales, con una representación común del museo y con la disponibilidad de recursos básicos para la interacción social, mencionadas arriba, mientras la interacción asíncrona puede disponer de los libros de visita electrónicos y de los foros de discusión.

Sin embargo, las investigaciones sobre el tema de los museos virtuales revelan la tendencia a aislar a los visitantes locales y remotos, considerándolos de forma independiente. Algunas tecnologías emergentes permiten que los visitantes tradicionales y virtuales interactúen conjuntamente, además de permitir la combinación del medio tradicional y digital en la misma experiencia, lo que lleva a una disolución de estas fronteras. En un sistema experimental desarrollado en un museo de arte de Glasgow se ha buscado la interacción entre tres tipos de visitantes en una misma sala. El primer visitante se encontraría físicamente en el espacio físico del museo, utilizando una tecnología de realidad aumentada (*ver 5.5.2*) para interactuar con el espacio virtual. El segundo visitante sería el visitante remoto, navegando a través de páginas Web relacionadas con el espacio físico. Por último, el tercer visitante, podría estar situado en el ambiente físico del museo, pero visitando la sala a través de un ambiente de realidad virtual

inmersiva. Dentro del sistema, cada visitante tendría la posibilidad de visualizar la posición individual y la ubicación de los otros (Galani & Chalmers, 2002).

En el plano experimental, además de los equipos específicos para cada tipo de visitante, se ha utilizado un sistema de intercomunicación a través de micrófonos y cascos auriculares. De la evaluación informal del sistema, se ha observado, en general, que la localización en distintos espacios geográficos no ha representado un problema para la percepción mutua. Sin embargo el uso extensivo del audio para resolver problemas de referencia compartida y la atención dedicada a la percepción de los co-visitantes ha desplazado el foco de atención durante la visita, con el relevo de los contenidos propiamente dichos.

5.4.2. Las comunidades virtuales y la nueva voz del museo

Pese a las cuestiones que suscite, Internet se trata en el fondo de un medio de comunicación más a disposición del museo, junto con los periódicos, radio, teléfono, televisión y el correo postal. De la misma forma que ocurre con estos medios más tradicionales, cualquiera involucrado en actividades de comunicación puede beneficiarse del uso de Internet (Bowen, 1998). En este sentido destaca el correo electrónico, una herramienta que abre una nueva vía y amplía las posibilidades de comunicación de los visitantes con el museo. Los mensajes de correo electrónico pueden responderse en los momentos más convenientes y los gastos son sustancialmente menores que los del correo postal y la telefonía, sobre todo en el ámbito internacional.

Además, como apunta Quinn (1998) el canal proporcionado por Internet puede facilitar la interacción con el público de otras maneras, por ejemplo, utilizándose de todos los tipos de funciones que requieran atención del personal del museo, como renovaciones de títulos de miembros, matriculación en cursos, pedidos y consultas. De forma general, los recursos de comunicación de Internet, síncronos y asíncronos, permiten que el museo establezca contacto y desarrolle relaciones a largo plazo con su público (Jackson, 1998b).

Una de las grandes promesas de Internet para los museos es el rescate de un debate que re-sitúa a los museos como instituciones culturales. En el famoso artículo de Cameron, (1971) titulado "*The museum: a temple or forum*", se discute el papel del museo como templo, como espacio sagrado, donde siguiendo el concepto griego, se realizaría el encuentro con las musas. El templo, por lo tanto, sería la metáfora para que el museo proporcionara experiencias simbólicas, creativas e inspiradoras, relacionadas con la comprensión inmediata, con el misterio, con el asombro y con las emociones:

Un templo es un lugar físico especial que ayuda a los individuos crear una conexión entre el consciente y el inconsciente. Los templos suelen contener objetos que se consideran por tener un estatus simbólico especial, vinculando el presente con el real espiritual (Morrissey & Worts, 1998).

Así, el museo con sus objetos especiales, con su arquitectura imponente y con la experiencia fuera de lo común que proporciona a sus visitantes poseería un acentuado carácter de templo.

Por otro lado, Cameron también introduce el concepto de foro, un espacio físico y psicológico donde las ideas, las actividades diarias, las memorias, los sueños, las alegrías, los miedos y todo tipo de cuestiones pueden ser compartidos y considerados y las más distintas posiciones pueden ser discutidas. El foro es un lugar donde los individuos se reúnen para compartir la tarea de comprender el presente y definir nuestro futuro como individuos, grupos o culturas. En este sentido, debe ser neutro y su sabiduría más grande reside en saber gestionar las interacciones que se producen, respetando todos participantes. El concepto de foro sugiere que el museo debe expandir sus actividades más allá del rol autoritario tradicional para servir como un contexto para el intercambio de experiencias, formando parte de una dimensión evolutiva de la cultura

Según Cameron, los museos deberían seguir los dos papeles, aunque esto, por lo menos de manera integral, no podría ocurrir de manera simultánea. Las ideas de Cameron, toman un nuevo significado con el advenimiento de Internet y los museos deberían comprender, aceptar y equilibrar estos papeles para asumir su nuevo su sitio:

En la era de la información, la fuente de significado de los museos residirá en su habilidad de posicionarse en el centro de la búsqueda de los individuos por conexiones, de convertirse un foro para que la sociedad plantee las cuestiones significativas, de crear un ambiente donde el conocimiento y suposiciones acerca de nuestro ambiente y nuestra cultura son explorados y continuamente recreados, no solo por los profesionales del museo, sino por todos miembros interesados del público (Morrissey & Worts, 1998).

De esta manera, la tecnología puede incorporar múltiples perspectivas, generar diálogo entre los profesionales, los visitantes y el público, haciéndolos socios de la misión de expresar nuestra existencia humana.

En cambio, Walsh (1997) hace referencia a la “voz inexpugnable de la autoridad institucional”, una voz impersonal e incorpórea, anónima, con el tono vago de un texto creado por un comité, casi universal en el mundo de los museos, que presenta las informaciones a los

visitantes¹⁷. Su efecto colateral es que la experiencia del museo pasa a ser vista como algo que aguantar, y no una ocasión para disfrutar, aumentando la imagen intimidatoria de los museos, haciendo que las personas se sientan ignorantes y alienando la experiencia de visita al museo.

En la Web, los museos de primera generación se han construido con la misma filosofía, con el traslado de la “voz inexpugnable”, o sea, de la presentación autoritaria de la información en sentido “desde arriba hacia abajo” a los distintos contenidos y formas de presentación. Sin embargo, la propia naturaleza de Internet va en contra de este abordaje, pues una de las características de la Red, hasta este momento, es su carácter abierto y relativamente caótico. El propio ritmo de cambio característico de Internet es incompatible con una voz de autoridad atemporal, incorruptible por las modas, por las tendencias comerciales o por el ritmo dinámico de la vida moderna.

Al contrario, los museos en Internet deberían seguir algunos principios, basados en el cambio y en la provisionalidad, para aprovecharse al máximo de este nuevo medio. En primer lugar, el propio carácter dinámico y el estado constante de evolución en que se encuentran los museos, que constantemente cuentan con nuevas exposiciones y eventos en sus instalaciones para atraer al público y con la menos frecuente pero constante revisión de la información acerca de determinado objeto, debería ser trasladado a la Web. La ventaja es que en el medio electrónico cabe la posibilidad de que todos estos cambios se reflejen a tiempo real.

Pero la Web también posee un carácter interactivo y la comunicación pasa a ser un diálogo, más que un monólogo. Por establecer una comparación, en la escuela el proceso de comunicación es dialógico, con el profesor proporcionando información y los alumnos haciendo preguntas. Tradicionalmente los museos no tienen en cuenta la respuesta de sus usuarios –con la excepción de las encuestas y estudios de usuarios, que son ocasiones especiales– y simplemente pierden información de valor para la supervivencia de su actividad. Aún más:

Al transformar la naturaleza de la verdad desde el estado fijo de la Voz Inexpugnable hacia un proceso desarrollado a lo largo del tiempo, que es mucho más cercano a lo que realmente sucede en el desarrollo del conocimiento, la Web puede construir un proceso de auto-evaluación (Walsh, 1997).

La colaboración, la incorporación de los puntos de vista y de la participación de la audiencia en la elaboración de las exposiciones proporciona al museo una naturaleza bi-direccional y repercute en el hecho de que la construcción del conocimiento pasa a ser una empresa colectiva, resultando una voz más amable e interesante para la institución. Si tal proceso es lógico y conciso, la información es más fácil de ser validada y aceptada, lo que tendría,

¹⁷Pese la confianza de la voz institucional, la información que se presenta el público en un museo representa una serie de compromisos entre explicaciones simples y comprensibles por un lado y la realidad más compleja por otro y nacen de los planteamientos, muchas veces contradictorios, de diferentes expertos.

aplicación inmediata por ejemplo, a las discusiones sobre controversias científicas o sobre el consentimiento por parte de la sociedad en la introducción de ciertos avances científico-tecnológicos. En este sentido, Fayard y Arboleda (2001) señalan que el poder del receptor, con el advenimiento de los medios electrónicos, y la sobre-disponibilidad de información hacen que el esquema lineal “contenido científico-proceso de popularización-receptores” es amenazado por la co-producción del conocimiento, con la participación del público.

Este tipo de propuesta se está llevando a cabo, por ejemplo, en el *New Metropolis Museum* de Amsterdán, que ha establecido un programa cuyo objetivo es “transformar los visitantes en usuarios” y disponiendo de una estructura de información basada en ordenadores, y capaz de dar respuesta a eventos con la actualización de las exposiciones, programas e recursos de información. La motivación principal sería demostrar que los temas científicos forman parte de la vida cotidiana de los ciudadanos, de forma que el museo se encontraría obligado a responder a estos temas de forma ágil. Esta renovación continua, en última instancia, supondría una razón para que los usuarios volvieran de forma más frecuente a la institución (Bandelli & Broadburne, 1996).

El museo virtual también se convierte en una plataforma de extensión de su espacio físico a partir de este mismo, por ejemplo al utilizar puntos de Internet dentro del museo, con el objetivo de mantener su papel de foro, un centro de discusión y encuentro entre visitantes, políticos, industriales y científicos, acceso a los hechos y a distintos puntos de vista, al cual también se pueden añadir sus opiniones y perspectivas.

Este es el caso por ejemplo de *Bionet*, una exposición digital colaborativa acerca de las ciencias de la vida, en el ámbito europeo, cuyo objetivo es que los ciudadanos puedan participar en las principales cuestiones y controversias en este campo, como por ejemplo, los aspectos éticos médicos y sociales de la ingeniería genética, los alimentos transgénicos y la investigación médica. Una de las premisas del proyecto es que para alcanzar el debate informado es necesario hacer disponible la información relevante y crear el entorno para que el debate ocurra, convirtiéndolos en parte de la exposición misma.

Otro punto a destacar es el establecimiento de proyectos colaborativos con las escuelas, sacando provecho de la relación privilegiada que los museos y centros de ciencia poseen con las instituciones de enseñanza formal. El establecimiento de un vínculo entre escuelas de forma que la visita anual se extienda a otras actividades de aprendizaje duraderas, que permitiría que el museo fuese el coordinador de actividades. Aunque en un principio el museo físico pierda su importancia, el resultado sería un museo científico construido por y para las personas.

Como apunta Jackson (1998b), “la diferencia cualitativa entre esto [la creación por parte del público de galerías, simulaciones y otros recursos virtuales] y el desarrollo de recursos existentes aislados, por individuos, grupos y organizaciones en Internet sería que cada

participante se incorpora a un esfuerzo integrado, cooperativo, con el objetivo específico de crear museos y centros de ciencia en línea para sí mismos y para el público interesado”.

Por último, la creación de comunidades virtuales se justifica también por el hecho de que si un visitante está interesado en un tema específico, es natural que encuentre en un museo personas con los mismos intereses. Los espacios de discusión y comunicación también deberían permitir que el visitante dejara su “huella” y que fuera capaz de guardar y compartir sus experiencias personales generadas en la visita (Fernström & Bannon, 1997).

5.5. Lo virtual dentro de lo real: el museo aumentado

5.5.1. Recursos multimedia en los museos

El uso de los recursos multimedia en los museos es parte de una tradición de tecnologías interpretativas y de explicación tradicionalmente utilizado en estas instituciones, como las presentaciones de diapositivas, los paneles de texto y los dioramas. Según su definición, los

Multimedia resultan cuando dos o más medios digitales son combinados para proporcionar información acerca de un objeto. Estos medios pueden ser texto, dibujos, gráficos, fotografías estáticas, imágenes en movimiento de películas o vídeo, y audio. Los multimedia interactivos permiten la comunicación entre el sistema multimedia y el usuario, el usuario controla la secuencia de presentación de la información. Esto en contraste con una película, por ejemplo, que es lineal y que se supone que debe ser vista por un asistente pasivo desde el inicio hasta el final (ICOM - CIDOC Multimedia Working Group , 1995).

Para Lacota (1976), el impacto cognitivo de la exposición puede incrementarse a través de técnicas de soporte del aprendizaje, por ejemplo proveer de un marco conceptual claro y de referencia sobre el tema de la exposición, sobre su relación con los visitantes y sobre su organización, explicando qué contenidos se puede esperar que los visitantes aprendan durante su visita.

De esta forma, los multimedia y el hipermedia interactivos poseen ventajas claras como tecnología de soporte al aprendizaje, proporcionando una forma de presentar una gran variedad de información relacionada con la exposición, como fotografías, imágenes, dibujos, planos, modelos arquitectónicos, simulaciones, fragmentos de vídeo, música, comentarios narrados, información textual como leyendas, ensayos y bases de datos, a la vez que permite que se elijan los mecanismos de visualización de los subconjuntos más apropiados para el usuario, según sus intereses y su trasfondo.

La utilización de recursos multimedia interactivos en los museos se ha identificado y clasificado según los siguientes objetivos: multimedia como índice, multimedia como guía del visitante, multimedia como colección de estudio, multimedia como disparador emocional y multimedia como examinador. Pero en todos estos casos, el medio interactivo exige una entrada de información por parte de la audiencia: el usuario debe hacer elecciones, hacer preguntas o definir criterios de búsqueda para activar el sistema y recuperar información.

La utilización de los recursos multimedia, por otro lado, debe satisfacer algunos criterios. En primer lugar, a través de un análisis externo, se deberían encontrar las razones por las cuáles se utilizan los multimedia, cómo puede cumplir con los objetivos del museo y qué es lo que añade al mensaje intencionado. A su vez, un enfoque internalista se preocuparía por las cuestiones técnicas y estéticas del medio (Thomas, 1998).

Si el objetivo es expresar ideas y auxiliar en la interpretación de informaciones, los recursos multimedia deberían sobre todo servir a un objetivo conceptual, aportando valor a una idea. La utilización de los multimedia en el ambiente físico introduce otros mensajes competitivos, como el objeto real y las personas, las realidades tangibles. La tecnología debe estar integrada dentro del panorama general, y constituir un recurso “invisible” para los usuarios, disponiendo de un carácter atractivo, directo y lógico (*ver 1.3.3.*)

Específicamente en los museos de ciencia, los multimedia se pueden utilizar en la exploración de procesos y relaciones, para dar forma a ideas muchas veces abstractas. Notablemente, los estudios de audiencia indican que en museos científicos cada vez más los visitantes esperan encontrar algún tipo de experiencia multimedia (Dierking & Falk, 1998a).

5.5.2. Los asistentes personales y realidad aumentada

La posibilidad de la inclusión de lo “virtual” dentro del museo real también se da a través de la utilización de tecnologías que proporcionasen a los visitantes más información que la disponible a través de los recursos tradicionales mediante la tecnología, en una “realidad aumentada” que mezcle la realidad y el mundo digital con el objetivo de mejorar la percepción del mundo real¹⁸. En otras palabras, las “tecnologías de realidad aumentada construyen imágenes

¹⁸ Una revisión de los principales conceptos que subyacen a la realidad aumentada, así como las distintas posibilidades de realizar enlaces entre los ambientes virtual y real –por ejemplo la navegación física, objetos como repositorios de contenidos, “cortar y pegar” en el mundo real, objetos como íconos físicos, objetos como representaciones físicas de estados, realidad mezclada y “*smart rooms*” puede encontrarse en el trabajo de Barton y Kindberg (2001). Por otro lado, también existe el concepto de *virtualidad aumentada*, aunque menos explorado y que consiste en la introducción de ciertos estímulos reales en entornos virtuales, por ejemplo la oclusión de la vista virtual en el momento que el brazo real de un otro participante pasa por delante de las gafas del primero.

irreales en el mundo real, mientras que las tecnologías de realidad virtual construyen imágenes reales en los mundos virtuales” (Koshizuka, s.d.). La realidad aumentada utiliza sistemas híbridos que relacionan los espacios virtuales con los reales, mezclando los sistemas electrónicos con el mundo real, más que intentando reemplazar a este último. De esta forma, el “mundo cotidiano continua funcionando de la manera esperada, pero con nuevas funcionalidades” (Century, 1995).

Uno de los conceptos que destacan en este área es el *Personal Digital Museum Assistant* - PDMA (asistente personal del museo digital), una herramienta que permitiría el acceso al museo aumentado a través de un *Personal Digital Assistant* - PDA (asistente personal digital), o terminal móvil.

Sakamura (s.d.) destaca el papel de la personalización –por ejemplo, el grado de conocimiento especializado de los visitantes, los públicos muy específicos como los niños y los condicionados por el idioma, los tamaños de los tipos de letra y otros aspectos de la presentación de la información que podría ser aportada por los asistentes personales durante una visita, de la misma forma que el museo personalizado lo hace con los visitantes del museo puramente virtual (ver 5.3.6.1). Además, al establecer una conexión con el ambiente virtual y con la Red, permitiría comparaciones con otros museos disponibles en Internet y con sus contenidos, especialmente a aquellos que hicieran parte de un consorcio o metacentro (ver 5.6.1). Al mismo tiempo que provee información a los visitantes, el PDMA también podría obtener información sobre cada uno de ellos y de los intereses manifestados durante la visita. Este perfil de usuario se mantendría en un registro una vez finalizada la visita y se podría recuperar en visitas posteriores.

Otro aspecto interesante que los desarrollos tecnológicos futuros podrán aportar se relaciona con la tecnología de reconocimiento automático de imágenes, basada en inteligencia artificial, y que constituiría una capa intermediaria entre el espacio físico y el espacio virtual. Por un lado permitiría el reconocimiento de objetos pertenecientes al archivo digital a partir de su forma exterior y por otro el reconocimiento de rostros.

A su vez, Spasojevic y Kindberg (2001) describen un proyecto realizado en el *Exploratorium* para la implementación de una infraestructura tecnológica cuyo objetivo es proporcionar una “experiencia aumentada” a los visitantes, de forma que ellos puedan planear la visita de antemano, sacar el máximo partido durante la misma, y referirse a ella después, en la clase o en casa. Pese a las experiencias interactivas que se pueden encontrar en los museos de ciencia y que estimulan el aprendizaje basado en preguntas y exploración, éstas no están por sí solas tan bien relacionadas como deberían ser para promover el aprendizaje conceptual, las experiencias analíticas o las actividades de acompañamiento en la escuela o en casa. Una experiencia de aprendizaje ideal capturaría el interés generado por la visita física para una reflexión posterior, con el acceso a materiales que proporcionara contexto a la exposición y amplíen las oportunidades de interacción.

En este caso el museo aumentado mezclaría artefactos físicos y virtuales, en el primer caso sus exposiciones y en el segundo páginas Web con información acerca de la exposición y de los temas relacionados y páginas personalizadas para cada visitante que documentan la visita, permiten la elección de “favoritos”, registran el camino recorrido en la visita física, así como anotaciones o fotografías e imágenes que le hayan interesado al visitante. Los componentes del sistema utilizados para conectar los artefactos físicos y virtuales son las llamadas “estaciones-PI” (punto de información) que permiten a los usuarios capturar la información de interés relacionada con cada sección de la exposición. El sistema hace uso de aparatos “*handheld*”, de una red inalámbrica conectando estos aparatos con los servicios de red locales e Internet, de servidores de contenido para almacenar los datos de usuarios, y finalmente, de los equipos comunes tipo PC, para acceder a las páginas desde fuera del museo.

Los estudios sobre la utilización del sistema se centran en el impacto de la tecnología sobre el comportamiento del usuario, observándose una “navegación entre lo real y lo virtual”, pues el usuario necesita mantener el contacto con el mundo que le rodea, al contrario que la realidad virtual inmersiva que supone la sustitución de los estímulos sensoriales. El efecto del cambio de atención entre una mediación y otra es un componente importante del modelo y depende de factores intrínsecos a las exposiciones y a sus contenidos, de los compañeros de visita y de la propia tecnología utilizada.

Otra aplicación que complementa el museo físico a través de lo virtual es el museo “ponible”¹⁹, un sistema informático, que como indica el neologismo, posee un alto grado de integración con la persona que lo utiliza, presentando al visitante una narración audiovisual en función del camino físico recorrido en el museo. El sistema está compuesto por una unidad de procesamiento miniaturizada conectada a una red local y un despliegue montado sobre la cabeza de quien lo utilice (*Headed Mounted Display*, HMD) en forma de un “ojo privado” que proyecta imágenes enfrente del usuario. El resultado es la combinación de la imagen real vista por el ojo descubierto y la imagen del aparato de visualización, y en una realidad aumentada generada por el efecto de la visualización de las dos capas superpuestas de información. Una serie de detectores de infrarrojos de largo alcance permiten la localización e identificación de la posición del usuario en el museo.

El sistema podría representar un potencial para mejorar el diseño de exposiciones, con el cambio de textos y paneles de información por signos audiovisuales. Esto conllevaría a la liberación del espacio físico utilizado por los mecanismos tradicionales de información, dejando más espacio para los objetos. A la vez, también suministraría una información más completa, con

¹⁹ Del inglés, “*wearable*”, significando que se puede vestir, en el sentido de que el museo –o los aparatos tecnológicos que permiten el acceso- estaría siempre cerca de su usuario, cómodo y fácil de transportar y usar, y que al igual que la ropa no obstaculizaría los movimientos.

la presentación de materiales contextuales o de profundización de forma conjunta con el objeto, en lugar de separada en el tiempo y en el espacio. Mientras que todavía no se encuentran disponibles estudios realizados acerca de la calidad y la eficacia de la experiencia del aprendizaje proporcionados por el sistema, se intuye que la presentación conjunta de la información causaría una mayor impresión sobre el visitante. Por último, en comparación con proyectos que utilizan aparatos “*handheld*” para la comunicación audiovisual, sin la presencia del sistema HMD, éstos últimos requieren que el usuario cambie continuamente su foco de atención entre el objeto y la información presentada en pantalla, lo que puede suponer una desventaja (Sparacino, 2002).

5.5.3. La realidad virtual y las nuevas interfaces

De forma similar a los agentes y a la tecnología de realidad aumentada, la tecnología de realidad virtual²⁰ también se puede utilizar para proporcionar una experiencia de visita distinta a la de los visitantes de los museos, permitiendo la exploración de espacios imposibles en la vida real. Por último, el desarrollo de nuevas interfaces para la interacción entre los seres humanos y todos los equipos que proporcionan la experiencia virtual dentro del ambiente del museo podrá crear experiencias realmente novedosas de visita.

Para esta discusión sería importante esclarecer dos conceptos. Por inmersión se entiende “la ilusión de estar en un mundo proyectado, de estar cercado por imágenes y sonidos de una forma que se acredita estar realmente allí”. A su vez, la “interacción se refiere al hecho de que los miembros de la audiencia no son meramente espectadores del escenario realista, sino pueden participar activamente en el programa y determinar cual va a ser su experiencia” (Echeverría, 2000).

La utilización de la realidad virtual (RV) en ambientes de educación informal es analizada por Roussou (2000) que enfatiza el impacto emocional proporcionado por esta tecnología como el factor más significativo para la experiencia de aprendizaje. En relación con su aplicación práctica, la RV permite la experiencia de ambientes que por cualquier motivo no se encuentran disponibles, sea por razones de tiempo, espacio, distancia, escala o seguridad o que sencillamente no son accesibles a determinados grupos, como las personas discapacitadas y los niños. Específicamente este último público es uno de los más beneficiados por esta tecnología, pues según la observación empírica, las cuestiones de usabilidad que afectan al público adulto son

²⁰ Echeverría (2000) habla de la realidad infovirtual (RIV), para referirse a las realidades virtuales creadas con el auxilio del ordenador. La realidad infovirtual se definiría por hecho de ser creada por ordenadores o sistemas informáticos, creando un mundo artificial que proporcione a sus usuarios la impresión de encontrarse en él, además de moverse y actuar. Si la actuación es directa, los sistemas serían inmersivos y si la actuación es indirecta, semi-inmersivos.

mitigadas en los públicos infantiles, que demuestran una mayor facilidad de adaptación a la abstracción conceptual y gráfica.

Los proyectos desarrollados hasta la fecha exploran una vasta gama de estímulos sensoriales, estimulando la creatividad y la colaboración entre aprendices co-localizados y remotos, pero sobretodo la RV presenta el potencial de trascender el espacio físico del museo. Por otro lado, la misión educativa del museo y la presión comercial justifican la utilización de ambientes inmersivos de RV como herramientas para educar y entretener a la vez.

En cuanto a la tecnología, en la actualidad destaca el sistema RV CAVE, que permite la utilización por hasta diez personas a la vez, y que consiste básicamente de un sistema de realidad virtual del tamaño de un salón con tres paredes y un suelo. Todos los usuarios utilizan gafas estereoscópicas que permiten visualizar tanto el mundo real como el virtual. A su vez la “varita mágica” es un dispositivo ligero y móvil cuya función es mediar la interacción entre el sistema y sus usuarios.

Como ocurre con otras tecnologías, algunos de los factores críticos en su introducción son el reto de integrar la tecnología dentro de un contexto de utilización, manteniendo los estándares técnicos, estéticos y conceptuales del objetivo educativo, teniendo en cuenta las habilidades ordinarias y prácticas de los usuarios, a la vez que su utilización es transparente y previsible. Otros requisitos son el suministro de respuestas inmediatas al usuario y el diseño enfocado al contenido, contando con la participación de expertos. Así,

Una institución de la educación informal, debe ser más flexible y capaz de proveer la mejor combinación de innovación tecnológica y contenido educativo, y crear un contexto crítico compartido dentro del cual se incluirá el proyecto aparte de su comprensión técnica (Roussou, 2000).

También cabe destacar que la comunidad museística debería pensar menos en las limitaciones de la realidad virtual como aspiración de tratar la realidad, y más en su papel liberador y de proporcionar nuevos marcos de referencia, como espacio de representación simbólica único (Parry, 2002) (*ver 1.1.3.2*).

Sin embargo, la tecnología de la realidad virtual también plantea serias cuestiones relacionadas con las características físicas del sistema, de usabilidad y de las funcionalidades que aporta, sobresaliendo la unicidad, el coste y la fragilidad de los aparatos técnicos utilizados.

En este sentido, también hay que tener en cuenta los costes prohibitivos, el entrenamiento del personal, las dificultades de operación y mantenimiento, barreras inevitables para la utilización en espacios públicos y que tienen como resultado que la RV todavía sea difícil de incorporar al presupuesto de la mayoría de los museos (Roussou, 2001).

A su vez, un proyecto de carácter no tradicional propone un método alternativo para la provisión de interactividad en el museo, a través de un avatar robótico. La experiencia *TOURguide RoBOT - TOURBOT* (robot guía de tour) tiene como objetivo la creación de un robot-guía interactivo que proporcione acceso personalizado a las exposiciones de un museo a visitantes remotos, a través de Internet. El robot acepta comandos, que lo mueven en el espacio físico, haciendo visitas a exposiciones específicas y transmitiendo imágenes de alta resolución de la escena al usuario. La visita es personalizada, con la elección de las exposiciones deseadas y de otros parámetros, como por ejemplo las condiciones de visualización. Además el robot también podría ser utilizado para guiar a los visitantes físicos del museo pues su diseño provee una base de información multimedia sobre la exposición con varios niveles de detalle y que permitiría la personalización, según acciones realizadas e intereses demostrados. El concepto que sustenta el proyecto es la tele-presencia inmersiva, que ya posee aplicaciones industriales, y que proporciona un nuevo modelo de ambiente “aumentado” que permite la interacción humana y la exploración de sitios remotos. Según los investigadores del proyecto, esta forma de interacción con el museo sería capaz de mantener el “ambiente del museo”, su “aura” y beneficiaría a grupos específicos de usuarios, como las personas con dificultades de movilidad. En el caso específico de los museos científicos el avatar robótico también podría interactuar con las exposiciones interactivas del tipo “*hands-on*” (Giannoulis *et al.*, 2001).

En relación con los aspectos técnicos se exige un alto grado de autonomía del robot para que este opere en un ambiente en el que las personas también están presentes, con el empleo de un sistema de navegación que utiliza detectores que capta variables del entorno. La ejecución de la aplicación de estas características demanda la contribución de muchas áreas del saber, como son las interfaces para el telecontrol de agentes móviles, las tecnologías de navegación, los sistemas de presentación multimedia en la Web, la tele-presencia virtual y tele-visita y aporta novedades conceptuales y técnicas logradas solamente a través de la colaboración entre empresas proveedoras de alta tecnología y los museos.

En relación con nuevas interfaces, Milekic (2002) propone el concepto de “tangialidad”, entendida como un dominio compartido donde las interacciones con datos virtuales producen sensaciones tangibles, bajo el argumento de que la “asociación de información virtual y abstracta con experiencias multi-sensoriales multi-modales crea una nueva capa de conocimiento y espacios de acción que es más natural y eficiente para los humanos”.

En este sentido destaca que las primeras interfaces utilizadas en la interacción con ordenadores eran abstractas, eficientes y asequibles solamente para los usuarios expertos, requiriendo el aprendizaje de un vocabulario y una sintaxis controlados para iniciar las operaciones. Otras características eran la ausencia de continuidad en las interacciones y de mecanismos de respuesta para proveer información acerca de la operación. Solamente en un

momento posterior se han introducido las interfaces gráficas de usuario (*Graphical User Interface - GUI*), hoy parte integral del campo de la interacción hombre-máquina²¹ (*Human Computer Interaction - HCI*), con el concepto de manipulación directa y el uso de un cursor para actuar gráficamente con los objetos representados. Otras características fundamentales son la visibilidad continua del objeto manipulado, el hecho de que todas acciones realizadas son rápidas, incrementales y reversibles y de que las consecuencias de las acciones son inmediatamente visibles.

La manipulación directa constituye un dominio específico de la tangialidad, proporcionando una respuesta sensorial continua –cinestésica y visual– representada por el movimiento del ratón, mientras que el usuario actúa sobre parámetros abstractos de datos representados digitalmente. Sin embargo un campo poco explorado es la interacción multi-modal en las interfaces de salida, que tiene como objetivo hacer la manipulación de datos abstractos tangible y asequible a los humanos y proveer un canal de comunicación eficaz. En la actualidad los dispositivos que hacen uso de estas características se limitan a los ratones que permiten la sensación táctil u otros aparatos de respuesta de fuerza, utilizados principalmente en videojuegos o en la operación de maquinaria compleja. Entre las barreras para su adopción sobresale el propio éxito e la interfaz “*point-and-click*”, en el caso típico en que una solución tecnológica precoz bloquea la introducción de tecnologías más eficaces. Además la necesidad de rediseño de las interfaces tradicionales en función de la inclusión de nuevos dispositivos de interacción, asociada con la necesidad de reciclar convenciones aprendidas por parte de los usuarios también constituye impedimentos importantes.

Algunos problemas más específicos vendrían de la falta de conocimiento de las complejidades de la interacción multi-modal. En este sentido, la información adicional presentada a través de otro canal de información puede llevar a situaciones conflictivas (limitaciones de *hardware* o bando de ancha en la sincronización entre audio y video), competitivas (por ejemplo una locución no asociada con un texto que se está leyendo), redundancia (no aumenta la cantidad total de información total, pero tampoco afecta de forma negativa a la interacción) o complementariedad (aumenta la información total y posee efecto benéfico, con el aumento de la eficacia o disminución del número de errores).

La utilización de las interfaces dotadas de “tangialidades” se basa en el argumento de añadir una dimensión afectiva a la interacción, reducir la carga cognitiva a través del conocimiento corporal intuitivo, reducir la carga cognitiva en un único sentido (por ejemplo la

²¹ La premisa de la interacción hombre-máquina es que los sistemas informáticos no trabajan por su cuenta, sino son interactivos involucrando seres humanos en tareas. En este juego entre el usuario final y la máquina reside el factor más significativo del éxito o del fracaso de la tecnología. Uno de los principales conceptos de esta rama de estudios es la interfaz que incluye tanto a los aparatos de entrada y salida como los paquetes de *software* utilizado, en suma, todo lo involucrado en la experiencia del usuario con el ordenador, incluidos la documentación y el entrenamiento.

visión), la posibilidad de incorporar otra dimensión a los datos (por ejemplo el tacto), permitir el manejo de conceptos complejos sin la necesidad de formalización explícita y hacer más asequible el dominio digital a poblaciones con necesidades especiales.

Otro desarrollo interesante para los museos virtuales serían las interfaces hápticas. El concepto de interfaz háptica involucra el sentido del tacto, la sensación de forma y textura que se puede obtener de los objetos. En la práctica, la tecnología de interfaces hápticas se materializa en aparatos como el “*CyberGrasp*”, un guante en que una red de “tendones” artificiales que transmite fuerza de vuelta a la palma y los dedos del usuario. En su aplicación a los museos virtuales, la transmisión de información háptica a tiempo real a múltiples participantes permitiría la exploración colectiva de un determinado objeto y sería particularmente útil en los museos de historia de la ciencia, que debido a la necesidad de preservación de objetos de valor histórico conservan el precepto de “no tocar”. En la actualidad, la investigación en este campo se centra en el desarrollo de aplicaciones robóticas para la adquisición de imágenes y generación de modelos 3D, descripción, almacenamiento y recuperación de datos hápticos (McLaughlin, Hespanha, Ortega, & Medioni, 2000).

En cuanto a las interfaces visuales, también se nota el desarrollo de tecnologías de detección de la mirada, tanto para la utilización en el museo físico como a través de la Web. En este sentido, la dirección de la mirada es una de las formas más antiguas de comunicación a distancia, y se utiliza en la comunicación social, por ejemplo para regulación del flujo de conversación y de niveles de intimidad, para indicar interés o desinterés, para buscar aprobación o para señalar la jerarquía social, entre otros. Los comportamientos visuales innatos pueden tener un papel importante en el museo, por otro lado, debido a su naturaleza social y emocional y por el potencial de provocar una reacción externa en el observador. Las interfaces que responden a “gestos de la mirada”, con la replicación de acciones como seleccionar y arrastrar objetos virtuales en pantalla surge como método innovador de presentar la información, sobretodo a grupos dotados de necesidades especiales, pero también como forma de registrar informaciones relacionadas como los modos de observación de objetos que se podrán utilizar para refinar la presentación de contenido y la comprensión acerca de los principios neurofisiológicos de este proceso (Milekic, 2003).

Un campo muy poco explorado en la cuestión de las interfaces de accesos a recursos digitales está relacionado con el público infantil (Milekic, 1997): los niños son una parte de la población que debido a interfaces inadecuadas se ha quedado prácticamente excluida de la revolución de la información. En este sentido se observa la necesidad de cambios en el modo de interacción tradicionalmente utilizado; debido a la inadecuación de los dispositivos de entrada, como los teclados y los ratones que exigen una serie de habilidades especiales como el conocimiento de vocabulario específico, escribir eficazmente en el teclado y la coordinación

visual motora fina. Las actividades espontáneas de los niños pueden influenciar el diseño de la interfaz, pero además el desarrollo técnico de dispositivos de interacción más adecuados a este público, también se hace necesario un cambio en las estructuras de contenido, en otras palabras de como éste se organiza y se presenta. Por otro lado, la estructura interna debe fomentar las interacciones sociales con sus semejantes y con los padres y educadores.

Dodsworth (1999) analiza la evolución de las interfaces digitales y su impacto en sistemas interactivos en museos, defendiendo que el desarrollo en *hardware* se aproxima a un punto en el que va a permitir un incremento cualitativo de las interfaces, por ejemplo, con el uso frecuente de redes de área local, de conectividad a Internet y de detectores digitales para la creación de “*smart rooms*”, ambientes inteligentes que en el ámbito museístico serían más bien “*smart exhibits*”, exposiciones inteligentes. Estas exposiciones serían capaces de percibir la presencia, las actividades y los intereses del visitante y a partir de estos datos sacar conclusiones y responder de manera sutil y apropiada, en lo que se podría denominar una “exposición socialmente adecuada”:

La nueva capa adicional de inteligencia en el museo revela más de la personalidad, historia y significado de la exposición. También contextualiza la información para el individuo, y va a acordarse de él en la próxima visita, ayudando a establecer una relación más personal con la institución. Una buena exposición museística no tiene que ser explícitamente entretenida si es implícitamente captadora. Al transmitir de manera transparente una *experiencia* completa, presenta facetas elaboradas a medida del contenido sin separar artificialmente la explicación del artefacto o fenómeno (Dodsworth, 1999).

Por último, Wagmister y Burke (2002) proporcionan una visión trascendental del concepto de interfaz, destacando que la interconexión entre todo lo que pueda ser medido, conectado o controlado de forma digital va a llevar la interacción hombre-máquina más allá del ratón, pantalla y teclado. En este sentido adquiere especial importancia la computación ubicua o “extendida”²², la tecnología de detectores, las redes inalámbricas y la miniaturización de interfaces de los dispositivos de entrada y salida. Los detectores proporcionan los puntos de entrada en el ciclo de comunicación entre seres humanos y las tecnologías digitales y son capaces de medir el tacto, la temperatura, la proximidad, la vibración, el movimiento mecánico y otras cantidades físicas posibilitando la creación de nuevos tipos de interfaces, con la integración de los ambientes físico y virtual.

Otras interfaces más sofisticadas utilizarían por ejemplo controladores basados en lógica difusa o inteligencia artificial, con la capacidad de aprendizaje y adaptación. De todos modos, las redes extienden los sistemas digitales más allá de las limitaciones físicas del espacio museístico, recolectando información contextual de otros espacios virtuales y de diferentes

²² Una revisión del estado de la computación ubicua en la actualidad puede encontrarse en Abowd y Mynatt (2000).

espacios físicos a través de detectores remotos. En el futuro, esta será una calidad intrínseca de las interfaces y la computación ubicua proporcionará la creación de interfaces basadas en gestos, voz, posición, contacto ocular, o lenguaje corporal, generando una participación de carácter experimental más que de pura observación.

Aunque este último concepto sea relativamente nuevo para el campo de los museos de arte, por ejemplo, viene aplicándose hace años por los museos y centros de ciencia. Por este mismo motivo, consideramos que los desarrollos en este frente serán de sumo interés para este tipo de museo, al proporcionar nuevas formas de interacción, ampliando de forma exponencial los tipos y las calidades de las experiencias emocionales, culturales e intelectuales que se pueden obtener de la visita. Y del consecuente efecto que esto pueda tener en la comprensión de conceptos científicos y en la sensibilización hacia la ciencia y la tecnología.

5.6. Procedimientos operativos del museo virtual

5.6.1. Consorcios de museos y metacentros

En la definición que adoptamos del museo virtual, uno de los principales conceptos era el de “*connectednes*”, la capacidad de interconectar la información y los usuarios entre sí. En este sentido, el ambiente de red debería utilizarse para facilitar la interconexión entre instituciones, destacando que una de las claves para el éxito reside en la realización de sociedades, con la presencia de varios proveedores de información que siguieran una política central y organizados alrededor de un cuerpo representativo, reduciendo el riesgo individual (Galani, 2000).

Sin embargo, la estrategia de forjar alianzas interinstitucionales apenas se ha utilizado hasta el día de hoy y la “mentalidad ‘aislacionista’ sobrevive a pesar de que el carácter único de la Web se deriva justamente de la posibilidad de conectar los museos entre sí y conectarlos, a su vez, con el usuario final” (Anderson, 1999).

Para los museos virtuales, la forma de establecer tales relaciones sería a través de los **metacentros de información:**

Teóricamente, un metacentro de información es el estado integrado de la información accesible o disponible. NO es una colección centralizada de información sino una serie de relaciones establecidas entre múltiples fuentes de información. Supone gestionar el proceso de comunicación o de relaciones entre los componentes y la constante reconstrucción de la red de conexiones (...) Por lo tanto, a través de un proceso acumulativo de experiencias, el metacentro posee el potencial de construir un conocimiento más completo del ambiente de información, actuando como una puerta de entrada o agente de acceso (Kenderdine, 1999).

Como rasgo común, todos los metacentros de información comparten retos como el de agregar una masa crítica de información digitalizada, desarrollar e implementar estándares para el intercambio de información museística, además de las barreras institucionales y burocráticas que suelen impedir el flujo libre de informaciones (Kenderdine, 1999). En último término, el metacentro se relacionaría con el concepto de museo distribuido, la interconexión digital de todos los museos del mundo, donde “cada museo es potencialmente todo museo” (Century, 1995).

Un ejemplo de utilización del metacentro se puede observar en la iniciativa *Australian Museums Online* - AMOL, cuyos objetivos principales son aumentar el acceso a recursos culturales de museos australianos a través de Internet y proveer herramientas de investigación y comunicación para la comunidad museística. Entre sus contenidos destacan un directorio nacional de más de 1000 museos clasificados en distintas categorías, una base de datos de colecciones abarcando registro de objetos de 500.000 objetos de 50 museos, un centro de información para profesionales y voluntarios que trabajan en el campo y un portal educativo orientado al público infantil.

En este caso particular, el metacentro está formado fundamentalmente por miembros de la comunidad regional de museos de Australia, justamente los que poseen menos información disponible en línea e infraestructura tecnológica y que más pueden beneficiarse de esta convergencia informativa (Kenderdine, 1999). Otro criterio de agrupación posible, además del geográfico, es el temático, con la organización de distintos museos en una red o consorcio de museos de ciencia, parques zoológicos, museos de historia, sitios arqueológicos, museos de historia natural o cualquier otro tipo de museo (Anderson, 1999). De manera similar, Helfrich (2000) propone el diseño de un museo de ciencias virtual único, constituido de varias secciones, por ejemplo, ciencia y tecnología, arte, acuarios, zoológicos e historia natural.

Asimismo, Robinson (1998) enfatiza el papel que la educación informal debería tener para mantener la población informada acerca de los problemas ecológicos, a través de los distintos tipos de instituciones vinculados a esta área como son los zoológicos, los acuarios, los parques de vida salvaje, los jardines botánicos y los museos de historia natural. Así el conocimiento de la biología sería fundamental para conseguir la manutención ecológica. Uno de los problemas de la “bio-educación” es la fragmentación del conocimiento y de las distintas áreas de saberes, en áreas desconectadas, mientras que los fenómenos relacionados muchas veces se encuentran interconectados. El autor sugiere, por lo tanto, la evolución del zoológico en bioparques, que reunirían elementos de estos tipos de museos e incluso en el ámbito del arte, lo que también se daría en el ámbito digital.

Por otra parte, también hay que destacar el hecho de que el concepto de metacentro ha evolucionado como respuesta a la demanda de los usuarios por repositorios de información más fáciles de utilizar y más fidedignos (Sumption, 2000). En este sentido la principal función del

metacentro sería la de un dispositivo central de fácil uso y consulta, mejorando el acceso a la información, con la elaboración de motores de búsqueda con el fin de crear conjuntamente reservas de información ricas y complejas y ampliando el alcance de cada museo en particular, con una mayor apertura al público y una mayor audiencia potencial. En relación con la misión educativa del museo, el metacentro también desempeñaría un importante papel, proporcionando instrumentos útiles para el progreso del aprendizaje, a través de los esfuerzos combinados de los departamentos de pedagogía de las instituciones asociadas.

Finalmente, los metacentros también poseen un carácter estratégico, facilitando la justificación de la existencia y de la financiación de sus miembros, posibilitando la generación de ingresos a nivel local con la venta de bienes y servicios y repercutiendo en las comunidades que constituyen su entorno. Relacionados a estos fines estaría la búsqueda de la autonomía financiera del metacentro, en función de apoyos de los sectores público y privado, patrocinios de entidades del sector turístico y beneficios procedentes de comercio electrónico (Anderson, 1999).

En nuestra concepción, especialmente los museos y centros de ciencia de Iberoamérica podrían sacar partido de los referentes lingüísticos y culturales compartidos, para la creación de un consorcio de museos virtuales, con el objetivo de beneficiarse de las características mencionadas, como por ejemplo la mayor visibilidad, el punto de acceso común a una gran variedad de informaciones, el establecimiento de proyectos y estrategias de desarrollo colaborativas y la obtención de fondos, logrando así un fortalecimiento de sus instituciones.

5.6.2. El dominio “.museum”

Como hemos comentado antes, si el concepto de museo de ciencia no está claramente delimitado en el mundo real, lo está menos aún en Internet y muchas veces los museos virtuales “se presentan al usuario indistintamente, sin discriminar de ningún modo la naturaleza de la información, la institución que la genera o su relevancia” (Baratas Díaz, 1999). Tal hecho se puede comprobar, por ejemplo, por la falta de especificidad que presentan los mecanismos de búsqueda en Internet, que muestran como resultado de la búsqueda a “museos” de la más variada naturaleza²³.

Este problema de recuperación de la información se ve agravado por el hecho de que estos buscadores algunas veces también son incapaces de localizar museos y colecciones de valor histórico, sobre todo fuera del ámbito anglosajón. Una de las alternativas para la solución de este problema sería la constitución de sistemas informáticos que automatizaran la tarea de

²³ Es curioso el caso de un supuesto museo científico, que en la realidad es la página Web de una sociedad para-científica tratando de temas como el triángulo de las Bermudas y el monstruo del Lago Ness.

recopilación de direcciones, utilizando la participación fundamentalmente humana en el proceso de selección y clasificación.

En el esfuerzo de establecer la comunidad museística en línea *Virtual Library museum pages* - VLmp (páginas museísticas de la Biblioteca Virtual) inauguradas en 1994 como parte de la Biblioteca Virtual fundada por el inventor de la World Wide Web Tim Berners-Lee, su mantenimiento a cargo de expertos independientes de todo el mundo²⁴ y actuando sin ánimo de lucro (Bowen, 1999a). En 1996, el directorio VLmp se ha adoptado oficialmente por el ICOM (<http://www.icom.or/vlmp/>). Su objetivo principal es constituir un meta-directorio de museos en línea, facilitando a los usuarios un punto de acceso único para la búsqueda de información indirecta sobre museos en todo el mundo, facilitando enlaces a recursos distribuidos en distintos países (Bowen, 1997).

Por otro lado, a mediados de la década de los noventa, el crecimiento explosivo de Internet y la proliferación de la Web comercial han generado una serie de preocupaciones en relación con la gestión de los dominios en Internet, principalmente en lo que concernía a la resolución de conflictos entre titulares de dominios y propietarios de marcas registradas. La ausencia de competencias en el negocio de registro de nombres de dominio y requería una estructura más formal y robusta para su ejecución. Juntamente con otras propuestas de reforma del sistema, surgió la propuesta de un dominio de primer nivel dedicado exclusivamente a los museos, paralelamente a otras áreas de la actividad humana. La historia detallada de esta iniciativa, así como la explicación de todos los procesos e instituciones involucradas es relatada por Karp (1999).

En noviembre de 2000 la *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers* (ICANN) aprobó la propuesta de un nuevo dominio de nivel superior (Top Level Domain - TLD), el “**.museum**”, bajo la gestión de una organización sin ánimo de lucro, denominada *Museum Domain Management Association* (MuseDoma), fundada por el ICOM y por la *Fundación Getty*. La responsabilidad primaria de la organización es ser el fideicomisario del dominio y establecer las políticas que afecten su operación al servir la comunidad que representa (Karp, 2001).

El criterio primario para registrar un dominio en el dominio “.museum” es satisfacer la definición de museo proporcionado por el ICOM (*ver 3.1*). A su vez, los museos puramente virtuales en la actualidad no están específicamente incluidos en tal definición, aunque deberían ser considerados como posibles beneficiarios.

El mayor valor de esta iniciativa para la audiencia sería una potencial visibilidad de los museos en Internet, facilitando su misión educativa y cultural, en función de un esquema de

²⁴ En España, el mantenimiento de las páginas españolas de la VLmp se lleva a cabo por la Universidad Politécnica de Madrid dentro del ámbito del proyecto Babel, cuyo objetivo es la creación de una red de museos con bases de datos accesibles a través de Internet.

nombramiento común en un único dominio, frente al esparcimiento a través de varios dominios de primer nivel que se observa en la actualidad.

Y una vez que el dominio es restringido, la visibilidad se convertiría en un potencial de reconocimiento por el público, evitando los conflictos generados por la similitud de nombres de marca registrados o por los “ciberokupas” de dominios.

Para la comunidad museística, el dominio “.museum” aporta la ventaja de crear un sentido de comunidad dentro del ámbito, o en otras palabras, de “echar raíces en las propias bases de Internet”, adquiriendo una identidad propia (Karp, 1999). Mientras se intente que cada museo encuentre su propio valor en este dominio, la institución MuseDoma tiene como objetivo proporcionar servicios de valor añadido a sus beneficiarios, como por ejemplo, no aplicar las tasas de registro a museos con presupuestos por debajo de ciertos límites, proveer alojamiento y servicios de gestión Web básicos y proporcionar servicios de ámbito regional o local.

5.6.3. Promoción del museo en Internet

Desde mediados de los noventa se ha observado un gran aumento del número de sitios Web, hecho que se observa a través del aumento de cerca del 1000% en el número de dominios existentes, entre el comienzo de 1994 y mediados de 1998. A la vez que el crecimiento de Internet y de su utilización ha servido como impulso y justificación para la creación de museos virtuales, también les han supuesto una amenaza por el aumento del número de sitios Web disponibles para el usuario y que también representan una competencia entre los museos y sitios Web comerciales y de entretenimiento²⁵.

Paralelamente, la audiencia se ha vuelto cada vez más exigente en el tipo de experiencia obtenida de una visita a un sitio Web, con la expectativa de encontrar las últimas tecnologías y el máximo de interactividad posibles. Mientras que la mayoría de los sitios Web de comercio electrónico o de empresas ha dedicado un esfuerzo considerable para generar tráfico y reunir una audiencia, a través de estrategias de marketing y de campañas dotadas de grandes presupuestos, la mayoría de los museos no ha tenido los mismos recursos para alcanzar estos objetivos.

De esta forma, así como el museo físico, el museo en línea tendrá que asegurar nuevas exposiciones, programas, promociones y actividades para asegurar la repetición de las visitas en Internet, siendo tanto o más dinámico que el museo real (Helfrich, 2000).

²⁵ Y como nota Galani (2000), los museos también van a ser valorados en función de los patrones establecidos por el sector comercial y de entretenimiento en Internet; así la calidad de la información, la facilidad de navegación y el atractivo visual van a constituir factores tan importantes para el museo virtual como lo son para el museo físico.

Otro problema relacionado es la fidelización de los visitantes, con el desafío de cómo hacer que los visitantes en línea regresen a experimentar con nuevas informaciones y experiencias. De la misma manera que sería impensable que un determinado museo iniciara una nueva exposición sin informar a la prensa, al público y a su comunidad acerca de la misma, la operación del museo virtual requiere los mismos esfuerzos de tiempo, energía, creatividad y presupuesto en su promoción y en hacer conocido el valor real de los contenidos del museo, de forma permanente.

Así, para atraer y volver a atraer sus usuarios, los museos virtuales deberían desarrollar políticas de marketing específicas para el entorno virtual. En su nivel básico, la promoción del sitio Web es prácticamente gratuita, utilizando los canales de comunicación con el público ya existente. Así, la primera audiencia de una campaña de publicidad de un museo virtual son los propios visitantes del museo, con la colocación de carteles y la incorporación de la dirección de acceso (*Uniform Resource Locator* - URL) en toda la papelería corporativa y material impreso producido por el museo. Otras acciones sencillas como incluir esta dirección en la firma de los correos electrónicos. Incluyendo a toda publicación o documento corporativo o cualquier comunicado de prensa, independientemente de sus contenidos serían suficientes para alcanzar todos los sectores de la audiencia, de comunidad de investigadores, prensa y público en general.

La difusión de la URL se beneficiaría de la existencia de un dominio propio, el método más sencillo a través del cual el público interesado puede encontrar el museo en línea. Un dominio constituye la forma más intuitiva de encontrar la información, sobre todo aquellos dominios cortos y fáciles de recordar, y aumentar la relevancia del sitio Web en determinados mecanismos de búsqueda, de ahí también la importancia de un dominio propio para la comunidad museística (*ver apartado anterior*).

En un segundo nivel, es fundamental la utilización de mecanismos de búsqueda, los medios utilizados por los usuarios para navegar en Internet. En este sentido, es importante comprender las diferencias entre los directorios y los mecanismos de búsqueda y las técnicas básicas de promoción, sobre todo la utilización de datos metadatos en la descripción de los contenidos del museo. Este tipo de promoción pasa necesariamente por la promoción en buscadores y portales. Además de utilizar las técnicas básicas recomendadas para cualquier sitio Web, se recomienda que se busquen palabras claves que escapen al sentido común y que a la vez se identifiquen con rasgos distintivos del museo. Se trata de una estrategia esencial dentro del objetivo general de atraer los visitantes hacia el museo virtual. Investigaciones acerca de los usuarios corroboradas por estadísticas de servidor han determinado que hasta un 40% de las visitas se producen por esta vía (Semper *et al.*, 2000)

Para su promoción, los museos virtuales también se pueden beneficiar del potencial de la Web para segmentar audiencias específicas. Uno de los principios fundamentales de la

publicidad en la Web es la mayor probabilidad de alcanzar a la audiencia correcta en el momento oportuno. Como ejemplo de segmentación del público, se podría promocionar el museo virtual en sitios Web de carácter regional o de determinada temática. Los visitantes de estos recursos por definición estarán interesados en el museo y no van a encontrar la publicidad irrelevante o carente de interés.

También pueden ser utilizados otros métodos creativos, por ejemplo, la creación de un salva-pantallas o de fondos de escritorio que además de servir como recordatorio constante, crean un sentido de comunidad y de reconocimiento del público.

Finalmente, la creación de comunicados de prensa específicos para la promoción del museo también es un recurso que debe ser explotado. Por lo general, las oficinas de prensa están especializadas en la creación de historias de interés, poseen buenos contactos en los medios de comunicación y conocen el momento adecuado para la divulgación de información. Por otra parte, la estrategia también debería contemplar los comunicados de prensa electrónicos, específicamente dirigidos a los medios de comunicación en línea, que son actualizados con más frecuencia y poseen menos limitaciones de espacio de publicación.

A su vez, Kornblut (2000) defiende que las acciones de promoción del museo deben ir más allá de la promoción local, realizada por ejemplo con la divulgación del dominio en materiales de publicidad, anuncios en prensa y otras formas de publicidad “tradicional” con el objetivo de atraer el mayor número de visitantes virtuales posibles. En este sentido, para evitar los gastos de una campaña publicitaria a nivel nacional o internacional y superar las limitaciones geográficas, los museos podrían utilizar una estrategia de reparto de recursos con portales de Internet, responsables por un 90% del tráfico en Internet, pese a la gran cantidad de sitios Web disponibles. Los visitantes de los portales siempre buscan contenidos nuevos y éstos estarían dispuestos a lograr acuerdos en los que la distribución de contenidos de alta calidad que un museo puede proporcionar se compensaría por la exposición en el portal. En esta relación es importante destacar que el objetivo final del museo es la reorientación de tráfico hacia el museo virtual, por lo cual deben existir múltiples puntos de acceso, en otras palabras enlaces dirigiendo el usuario al museo, en la versión publicada por el portal.

Para esta estrategia, deberían tenerse en cuenta algunas observaciones. En primer lugar, el museo debe poseer los derechos necesarios para compartir la propiedad intelectual, una cuestión que surge principalmente cuando existen exposiciones o piezas cedidas por otros museos. De la misma forma, en el acuerdo inicial se debe establecer el período durante el cual el portal podrá disfrutar del contenido. En segundo lugar, el museo debe estar preparado para facilitar los materiales en formato digitalizado, sean texto, imágenes, audio o video, con el objetivo de facilitar la relación de colaboración. Un conflicto potencial surge con la cuestión de la publicidad o los patrocinios del portal, en contra de patrocinadores de la exposición física. Por

último, una relación a largo plazo con un portal puede llevar que los portales compartan con el museo los datos demográficos de sus visitantes. Por lo general, los portales utilizan datos de usuarios registrados y datos de estadísticas de servidor para obtener informes detallados de su audiencia, una información crítica que suelen compartir solamente con sus anunciantes y proveedores de contenido primarios.

Otro punto importante es utilizar técnicas que estimulen la retención de la audiencia, esto es, que hagan que el usuario repita visitas al museo virtual. Una de las principales técnicas en este sentido es utilizar un boletín de noticias enviado a través de correo electrónico, al cual los usuarios se suscriben voluntariamente. El boletín de noticias se puede utilizar para divulgar novedades tanto el museo físico como en su contrapartida virtual, como por ejemplo nuevas exposiciones, eventos y promociones de compra.

Otra audiencia importante para los museos científicos es el público escolar, dado su evidente carácter educativo. En este sentido, sería fundamental realizar una promoción a través de un envío postal u otros medios disponibles a los profesores y centros de enseñanza primarios y secundarios.

En relación con la prensa, en la actualidad un museo virtual ya no consiste en una novedad digna de atraer la atención de los medios de comunicación, con la excepción de las revistas especializadas técnicas. Para la divulgación en la prensa general, sin embargo, sería más aconsejable presentar el museo durante algún evento de importancia, como por ejemplo una semana nacional de la tecnología u otras iniciativas de difusión de la cultura científica (Gaia, 1999).

Otro aspecto importante es lograr que existan enlaces de forma abundante hacia el museo virtual que se quiera promocionar, de forma que visitantes de otros sitios Web se interesen por él. Para alcanzar este objetivo el primer paso es identificar los sitios Web que puedan estar interesados en enlazar con un museo científico (como por ejemplo otros museos científicos, sitios de divulgación científica, escuelas, universidades, sitios de turismo, instituciones locales, sitios sobre secciones específicas del museo, etc.) y enseguida enviar mensajes estandarizados solicitando la inclusión de un enlace. Para facilitar esta tarea se recomienda la creación de una sección de enlaces en el museo virtual cubriendo todas estas áreas, de forma que el intercambio se justifique.

Una técnica interesante y novedosa es utilizar una campaña de difusión del logotipo del museo, en botones previamente preparados y que tiene como efecto la creación de una comunidad de “amigos del museo” y que tendría más éxito con páginas personales o sitios Web pequeños. Las ventajas de utilizar un enlace gráfico son la de una visibilidad mayor y la creación de una marca visual, fácilmente reconocible en Internet. Además, si la inclusión del logotipo se hace a través de un código que apunte a imágenes residentes en el propio servidor del museo,

existe la posibilidad adicional de analizar estadísticamente el número de visualizaciones de cada logotipo individual y el número de visitas recibidas por su intermedio.

Sin embargo, la utilización de una herramienta como un boletín de noticias debe tener en consideración los aspectos éticos de la utilización del correo electrónico como herramienta de marketing, con la diferencia entre su uso ético y el uso amoral. El envío de información no solicitada a visitantes potenciales, mientras que es tolerada en el mundo real, en el ámbito digital presenta problemas, como la generación de un sentimiento negativo hacia el museo, incluso de carácter legal (Drake, 2002).

Los objetivos de un boletín son fundamentalmente aumentar el nivel de la participación del público en eventos y exposiciones, incentivar al usuario a que visite el museo virtual para obtener más informaciones y educar a los visitantes, aportando informaciones sobre las exposiciones.

Como consideraciones a su ejecución, se debería mantener un tono consistente, de preferencia que sea redactado y editado por el mismo departamento que genere otros productos de marketing, principalmente con la utilización de elementos de comunicación gráfica consistentes con los utilizados en el museo virtual. La periodicidad, a su vez, debe poseer carácter regular, con un día fijo para el envío. La semanal, por ejemplo, pone énfasis en actividades realizadas en el museo y permite a los visitantes planear sus visitas, mientras que la mensual puede adoptarse por los museos que no posean un calendario de actividades tan extenso o que carezcan de los recursos necesarios para generar contenidos de forma semanal. Otra estrategia recomendable es la reproducción del boletín en el museo virtual propiamente dicho, permitiendo que algunos usuarios se mantengan informados sin la necesidad de suscribirse al boletín.

En relación con los medios técnicos, la utilización de un programa especializado de envío proporciona las ventajas de un envío masivo de mensajes en un corto espacio de tiempo, análisis de la tasa “*click-through*” de los enlaces, además de habilitar la personalización de los mensajes y permitir a los usuarios suscribirse y darse de baja sin la necesidad de intervención de los editores o administradores del museo virtual. Este último punto es especialmente importante y el marketing en Internet se conoce como “*opt-in*”: solamente reciben el boletín aquellos usuarios que lo han solicitado expresamente y pueden cancelar su suscripción en cualquier momento, tarea que debe facilitarse al máximo. El “*opt-in*” tiene como objetivo la creación de una relación positiva entre el usuario y el museo. De todas maneras, la realización del boletín debe tener en cuenta el análisis del presupuesto disponible, así como las capacidades técnicas y el tamaño estimado de la audiencia, que determinarán los parámetros de formatación / distribución y tecnología utilizados.

En este sentido, la importancia de la creación de una marca no debe ser infravalorada; con el aumento de la competencia entre museos y destinos culturales cada museo

debe distinguirse de los demás. Los museos deberían utilizar logotipos, tipografía, motivos de diseño, colores, iconos y un tono de discurso consistente para comunicar su marca de forma eficaz y lograr reconocimiento y familiaridad (Wallace, 2001).

5.6.4. Fuentes de financiación: comercio electrónico y patrocinio

Al hablar de las posibilidades de comercio electrónico en el museo virtual, hay que considerar que históricamente ha existido en el museo una tensión entre lo que es la exposición y las iniciativas de merchandising. De forma resumida, esta disputa se podría concentrar en el concepto de que los gerentes de las tiendas de regalo todavía son vistos como “cambiadores de dinero” a los pies del templo del saber. Algunos autores abogan por que Internet podría convertirse en el medio para nivelar el conflicto entre la misión educativa del museo y la necesidad de generar ingresos (Tellis & Moore, 2001).

A pesar del conflicto mencionado, el valor del marketing es considerable y los bienes ofrecidos por los museos pueden ser más que simple generadores de ingresos. Los productos son cartas de presentación de la marca del museo en el mundo exterior, promocionando la institución, aunque productos sin una conexión genuina con el museo puedan dañar esta imagen. En el caso de los museos de ciencia, por ejemplo, los riesgos más grandes de tener una tienda de regalos, por lo general subcontratada, es que se comercialicen productos no relacionados con la ciencia, o aún peor, relacionados con prácticas de la pseudociencia²⁶.

Para equilibrar esta situación, algunos autores proponen que los museos deberían fomentar la creación de alianzas estratégicas con empresas con experiencia en gestionar instituciones con ánimo de lucro y que comprendan la sutileza de cómo comercializar información y bienes de valor educativo o cultural. La contratación de servicios externos estaría justificada por la gran cantidad de capital y de inversiones en recursos humanos necesarias para construir, gestionar y comercializar una tienda en línea.

Entre los retos de gestionar un comercio electrónico podríamos destacar la coordinación de la creación y edición de imágenes de los productos, dominio sobre el *software* utilizado, control del proceso de pedidos, mantenimiento del servicio, creación de promociones y descuentos y gestión del inventario, más allá de los recursos financieros de la mayoría de los museos.

²⁶ Comentario realizado por Manuel Toharia, director del Museo Príncipe Felipe de Ciencias de Valencia, durante la realización del II Congreso de Comunicación Social de la Ciencia, en Valencia del 28 al 30 de noviembre de 2001.

Este esfuerzo podría influir en la pérdida del objetivo central y de las actividades fundamentales del museo. (Jonhson, 2000), a su vez, propone la alianza de los museos con entidades comerciales bien establecidas que provean la tecnología y la inteligencia de negocio, además del mantenimiento del comercio electrónico. Sobre todo en relación con la logística, la rapidez del procesamiento de los pedidos y la seguridad en las operaciones y el servicio post-venta garantizarían la satisfacción del cliente y la construcción de una relación de fidelidad.

Algunos de los grandes museos nacionales son capaces de crear sus propios sistemas de comercio electrónico, pero para otros, este reto puede ser desalentador, dada la inversión técnica y económica necesaria. Una forma de solucionar este problema sería que los museos pequeños y medianos se aglutinasen en una comunidad virtual con un proyecto común y un punto de acceso común a sus actividades comerciales en línea, como se ha propuesto por ejemplo con el proyecto denominado *Museophile* (Bowen, 2002). Esta podría ser, por ejemplo, una de las funciones de un metacentro, junto con objetivos más generales (*ver 5.6.1.*).

Otros museos, como el *Museum of Fine Arts* de Boston tradicionalmente han dependido del éxito de su división de ventas y han utilizado el comercio electrónico para complementar sus operaciones comerciales. En este caso específico, la solidez económica del museo ha permitido el desarrollo de un comercio electrónico propio que engloba todas las etapas del negocio, en una racionalización de los procesos.

Por otro lado, el comercio electrónico parece ser todavía una promesa más que una realidad y los museos virtuales deberían contar con otras fuentes de financiación, destacándose el patrocinio.

En este sentido, destaca el hecho de que en algunas instituciones el museo virtual es una entidad más ágil, donde la distancia entre una idea y su ejecución es más pequeña que en un museo real. En el museo físico los eventos son difíciles y caros de crear, las iniciativas deben planearse con mucha antelación, y hay limitaciones de espacio y costes, además de la necesidad de cambiar su estructura física. Consecuentemente, las compañías privadas pueden verse animadas a patrocinar la creación de exposiciones virtuales, en comparación con el lento proceso que se da el museo físico. Otros factores que pueden justificar el patrocinio se basa en el beneficio que reporta a las empresas la identificación de la Web como un medio competitivo, con la disputa por contenidos de valor y la imagen de seriedad, autoridad e independencia del museo. Asimismo, el museo se puede beneficiar de la calidad de los patrocinadores, pues una empresa importante también proporciona una imagen de trascendencia (Gaia, 2000).

El patrocinio de un museo virtual no se limita a los medios financieros, sino que también puede ser en forma de soporte técnico –como cesión de espacio en servidores para hospedaje Web, equipos y software para el desarrollo– o promoción en los medios de comunicación y aumento de visibilidad en Internet. A su vez, el museo puede ofrecer en cambio

la comunicación de la imagen de la empresa en Internet, con enlaces, logotipos y la promoción en los boletines de divulgación; la comunicación en el propio museo, con el uso de carteles y de espacio de conferencias o con la realización en sus instalaciones de eventos para periodistas y para el público en general. De forma resumida, el patrocinio se puede dar en dos niveles, el físico y real.

Helfrich (2000) también señala algunas estrategias para mantener el museo en línea. Una de las posibilidades sería la realización de cursos y talleres vinculados al ámbito educativo, para el entrenamiento en las nuevas tecnologías. A su vez, la integración de voluntarios y becarios en los equipos de desarrollo permitiría una disminución de los costes a la vez en que el museo asumiría un papel de capacitación profesional. Pero lo más significativo sería el establecimiento de relaciones dentro del ámbito regional de actuación del museo, con el fomento del crecimiento de los visitantes regionales –por ejemplo, con el registro de usuarios y proporcionando beneficios como descuentos en las visitas al museo real, en la tienda y en otras atracciones pagadas del museo– y con el desarrollo de relaciones con instituciones o medios de comunicación cuyos nombres representarían valor añadidos a los recursos en línea.

5.6.5. La evaluación y estudios de visitantes en línea

Uno de los puntos frecuentemente mencionados en la adopción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación es la capacidad del medio digital de medir con exactitud la utilización que hacen los usuarios de los recursos de información, utilizando algunas propiedades de la propia tecnología. En relación con los museos científicos, “una manera de medir los efectos de una visita al museo consiste en tomar nota de cuántas preguntas más tiene el visitante al salir en relación con las que tenía al entrar” (Wagensberg, 2000), pero en el medio digital se pueden utilizar estrategias inherentes a los medios, en lo que se podrían denominar los estudios en línea de visitantes.

Morrissey y Worts (1998) critican que una gran parte de las encuestas de evaluación se centra más en la evaluación de la interacción entre el visitante y la tecnología que en la interacción entre el visitante y el museo, y de cómo la tecnología afecta a esta relación.

El grupo de Semper (2000) en su encuesta sobre la utilización de recursos educativos dentro del proyecto *Science Learning Network* ha intentado desarrollar una metodología integrada para la evaluación del uso de recursos en línea, buscando determinar la audiencia y la gama de contextos y modos de utilización de estos recursos. Los autores han examinado tres recursos

específicos, considerados educativos, situados dentro de los congéneres virtuales del *Exploratorium*, del *Franklin Institute* y del *Science Museum*.

En la investigación se ha utilizado una combinación de tres metodologías, el análisis de estadísticas del servidor, una encuesta a través de un cuestionario en línea, entrevistas de seguimiento por teléfono a los participantes de la encuesta anterior y la observación directa del uso en clase. La primera, el análisis de estadísticas del servidor, pese a sus limitaciones ha generado algunos datos de interés directos –por ejemplo, de que una visita a este tipo de recurso dura en media de 6 a 10 minutos, y ha permitido la realización de inferencias, como por ejemplo, de que la exposición de carácter más curricular es más utilizada en clase que las otras dos. La mayor utilización durante los días hábiles de la semana, a su vez se explica por el acceso a conexiones de Internet de alta velocidad en la escuela o en el trabajo, lo que facilitaría la visita. El cuestionario constaba de diez cuestiones, evitándose las de tipo abierto, para posibilitar el procesamiento numérico de los datos. El cuestionario se abría en una ventana emergente, para no interferir con la experiencia de navegación, solicitando que el usuario retornara a la encuesta una vez finalizada su visita. Al completar la encuesta, los resultados parciales eran presentados al usuario, para que pudiera comparar sus respuestas con el contexto general. La encuesta ha revelado un perfil medio de usuario: de un 50 a un 64% utilizaba Internet hacía más de dos años. Un 51% se situaba entre 23-49 años y solamente entre un 14 y un 22% poseían conexión de banda ancha, y un 40% acceso telefónico a través de módem de 56 Kb. Finalmente un equilibrio en relación con el género, con un 58% de varones y un 42% de mujeres, aunque también se han podido observar diferencias entre un recurso y otro. En relación con la utilización educativa de los recursos, de un 55 a un 66% visitaba el museo desde casa y un 20%-21% desde ámbitos educativos. Entre un 19 y un 26% demostraba interés por la visualización de recursos multimedia y un 45% realizó la visita en solitario.

Los investigadores han concluido que hay una relación entre el diseño de una exposición virtual y su utilización para el aprendizaje. Aquellas exposiciones de diseño lineal, con la incorporación de pasos consecutivos son más adaptables al uso en clase, mientras que aquellos recursos que no expliciten el material educativo requieren una mayor flexibilidad y adaptación para su utilización dentro de actividades curriculares. En este sentido, también hay una relación entre el tema o contenido programático de la exposición y el currículo escolar, con mayor aceptación de aquellas exposiciones de temática definida frente a las de carácter más interdisciplinario. Como conclusión, el uso de metodologías integradas en la evaluación de los museos virtuales se ha considerado fundamental, al proporcionar una fuente de información más rica frente a cada método considerado de forma aislada. La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos se podría resumir con la justificación de que “las historias están detrás

de los números, mientras que los números ayudan a situar las historias en el contexto completo del patrón de utilización para aquel recurso”.

Goldman y Wadman (2002) analizan la experiencia de la visita en línea, intentando de paso revelar las relaciones existentes entre los museos físicos y los virtuales, además de determinar el valor educativo de los museos en línea. En este caso la metodología también ha sido integrada, abarcando distintos métodos de investigación. La primera etapa fue una revisión de la literatura existente, para determinar las bases teóricas y delimitar el debate en relación con el surgimiento de los museos virtuales.

Peacock (2002) afirma que la “la cultura de evaluación rigurosa aplicada a la evaluación tradicional de visitantes no es tan aparente en el ambiente de los museos en línea”, en lo relacionado con la investigación de las necesidades, expectativas y experiencias que los visitantes puedan estar buscando. Asimismo, aboga por un abordaje más riguroso en la evaluación de las audiencias Web, para que los museos puedan comprender cómo exploran e interactúan los visitantes en la experiencia virtual, en otras palabras, incorporando la perspectiva del visitante, comprendiendo la experiencia de la visita como un todo, de su génesis a su conclusión, con la satisfacción como objetivo final.

Por otro lado, también hay una justificación de carácter más pragmático para la realización de encuestas. Con el aumento del gasto generado por la prestación de servicios en línea, también surge la necesidad de investigar la audiencia, para justificar inversiones futuras y para corroborar los beneficios de las inversiones actuales. Para el establecimiento de un ciclo de mejora continua es necesario utilizar una herramienta de evaluación y un marco de análisis para la interpretación de los datos. Aunque se podría recurrir a las herramientas y técnicas de encuesta de visitantes tradicionales, hay que resaltar la posibilidad de diferencias entre los visitantes del museo virtual y de los museos físicos (Peacock, 2002). Además, el medio virtual es potencialmente más barato que otras formas de encuestas y evaluaciones de observación.

En este sentido destaca la utilización de lo que corrientemente se llaman estadísticas de servidor, el análisis de los datos de visita registrados por el servidor donde está alojado el museo virtual. Aunque este tipo de análisis posee mala reputación, debido a algunas deficiencias y limitaciones intrínsecas – por ejemplo no proveen datos demográficos de los visitantes, ni sobre su contexto social, su motivación o sobre el grado de aprendizaje alcanzado– es una técnica que genera un gran número de datos cuantitativos posibles de tratar estadísticamente, con el menor esfuerzo posible. De esta forma las estadísticas de servidor se pueden reconceptualizar como una muestra especial de la población de los visitantes en línea.

Una de las principales cuestiones del marco de análisis es determinar el corpus de observación, es decir, qué testar. Los estudios de usabilidad tradicionalmente utilizados en la HCI se centran en la interacción entre el usuario y la interfaz de aplicación y de sus operaciones, por

ejemplo las funciones, navegación y diseño técnico y gráfico, y de cómo la presentación de los conceptos anteriores se hacen de forma visual.

En todo caso, la evaluación de los visitantes es distinta de la usabilidad, un concepto más relacionado con los aspectos técnicos. La usabilidad se define como “la habilidad del usuario de usar estos sitios Web y acceder a sus contenidos de la manera más eficaz” (Nielsen, 1999) y trata de aspectos como la efectividad de la interfaz, de la maquetación y del diseño, de la eficiencia de la transferencia de información (velocidad de descarga), con el suministro del tipo adecuado de información en cada momento.

La falta de usabilidad puede tener como consecuencia la pérdida de orientación por parte del usuario, causando sentimientos de frustración debido a la incapacidad de explorar la información de forma efectiva. Por otro lado, los estudios de usabilidad no abarcan el tema de la “utilidad”, el comprender la motivación. De esta forma, un sitio Web puede poseer eficiencia funcional sin ser útil para sus usuarios.

Un marco teórico apropiado sería la jerarquía de necesidades humanas (Maslow, 1954), adaptada a las necesidades de los visitantes en línea y que englobaría cuatro niveles o etapas. En el **Nivel 1**, se plantea la cuestión “**¿Puedo encontrarlo?**” que hace referencia a cómo el visitante encuentra el sitio Web. Las estadísticas generadas por servidor pueden contribuir en la evaluación de la eficiencia del registro con mecanismos de búsqueda, de la existencia de enlaces de otros sitios Web, así como en el análisis de los criterios de búsqueda empleados, lo que revelaría el contexto de la visita.

El **Nivel 2** plantearía la cuestión “**¿Funciona?**”, con una perspectiva práctica del funcionamiento de la aplicación. En este nivel los datos del servidor ayudan al museo a optimizar la disponibilidad y gestión del tráfico de datos en Internet, garantizando la visualización rápida y eficaz de las páginas. Por ejemplo, algunas páginas de error que aparecen en las estadísticas revelan errores del servidor y la indicación de pedidos no completados revela páginas abortadas por el usuario, posiblemente debido por la frustración con la velocidad de descarga. Además, los perfiles de *software* y *hardware* ayudan en la especificación de pautas para el desarrollo.

El **Nivel 3** cuestiona si la aplicación “**¿Posee el contenido que estoy buscando?**” y se encuentra vinculado a la eficiencia del contenido y de su distribución, de cómo la navegación impide o facilita la experiencia del usuario. Este nivel requiere un acercamiento del tipo más interpretativo, por ejemplo con el análisis de las rutas recorridas, de los puntos de entrada y de salida al sitio Web. Algunos visitantes sencillamente pasan por el sitio, en su camino hacia otro lugar, y no se pueden considerar visitantes satisfechos o suficientemente motivados.

Por último, el **Nivel 4** plantea la pregunta “**¿Satisface las necesidades del usuario?**”, bajo la premisa de que las visitas al museo ocurren debido a una motivación interna del usuario, de que los visitantes poseen un interés o necesidad y acreditan que el sitio Web pueda

satisfacerles. En este sentido los datos generados por el servidor necesitan la generación de inferencias y de interpretaciones, por ejemplo, a través de la correlación de la página de salida con el término de búsqueda original, lo que puede revelar la intencionalidad del visitante. En el artículo original se encuentra una tabla que resume las variables que se pueden analizar y su relación con los niveles de necesidad de los usuarios, estableciendo una serie de diagnósticos o métricas que se pueden utilizar en una evaluación sobre la utilización del sitio Web:

A su vez, el tipo más frecuente de formación sumativa es realizado por el propietario del sitio Web, sea directamente a través de mecanismos de obtención de respuestas de los visitantes, como encuestas o cuestionarios en línea, o indirectos como el análisis de estadísticas de servidor.

En un mundo donde los cambios de las metáforas de presentación son tan rápidos y donde las expectativas de interactividad de los usuarios, son cada vez mayores, aunque los museos solo lleven cinco años creando sitios Web, estos sitios ya resultan anticuados. Rehacer un sitio significa reinterpretar el museo real y el museo virtual, reinventar la experiencia virtual en el contexto de programas reales en proceso de evolución y re-situar el museo en el panorama de los rápidos cambios en que se desarrollan los sitios Web (Bearman & Trant, 1999).

Streten (2000) destaca que en la cultura de Internet, los visitantes generalmente demuestran menos inconvenientes en expresar sus opiniones y sugerencias, constituyendo un medio único para involucrar a los usuarios en su desarrollo, con la posibilidad de recolectar datos cuantitativos y cualitativos, a los cuales la institución puede responder de forma sumativa o formativa. Tradicionalmente los estudios de visitantes ayudan a atraer una audiencia más grande y más variada al explorar las percepciones positivas y negativas del museo entre sus usuarios, y por eso permitiendo al personal del museo trabajar sus fortalezas y corregir sus debilidades (Ames, 1993). Las iniciativas de museos virtuales, por lo tanto, deberían trasladar la misma filosofía al medio virtual, recibiendo y asimilando la experiencia del usuario en beneficio propio, con el objetivo de hacer sus contenidos más atractivos, más fáciles de navegar y más relevantes.

También resalta que los estudios de visitantes en línea deberían tener en cuenta el conocimiento de los distintos departamentos de los museos que algunos visitantes manejan de forma cotidiana, como por ejemplo los departamentos de marketing, educación e investigación, involucrándolos en el proceso.

Dierking y Falk (1998b) especulan sobre un posible solapamiento entre visitantes reales y visitantes virtuales en cuanto a las variables psicográficas. Aún así, existe la necesidad de comprender el perfil de los usuarios para crear una experiencia significativa.

Para Chadwick y Boverie (1999), otra motivación de las encuestas sería comprender la relación entre los usuarios Web y los visitantes del museo real, determinando si se trata de las

mismas personas y si comparten intereses y valores, o si son públicos con motivaciones totalmente distintas.

En relación con la metodología, se observa que el reclutamiento de participantes a través de Internet es un método no probabilístico, y por lo tanto no es representativo de la población investigada. Entre los instrumentos de investigación disponibles, y diferenciando entre las metodologías cuantitativas y las cualitativas, se encuentran el cuestionario de encuesta en línea, el cuestionario de encuesta, la observación directa de usuarios y los “*focus groups*”, con su posible combinación, según la amplitud o profundidad de los resultados que se desee.

Por otro lado, la definición de la audiencia y de los objetivos del museo determina el método de evaluación. Por ejemplo, se tendría que tener en cuenta la orientación hacia la información o hacia el objeto, distinguiendo entre el énfasis en las colecciones, en la investigación o en la diseminación de la información. Asimismo, la mayoría de las exposiciones son diseñadas para cumplir una variedad de objetivos, y por lo tanto se hace necesaria una combinación de técnicas.

El grupo de Vergo (2001) ha utilizado un proceso de diseño centrado en el usuario, utilizando la respuesta de usuarios potenciales. En las entrevistas realizadas se ha detectado un gran interés en media *streaming*, por ejemplo en la publicación de entrevistas con expertos, ampliadas con enlaces para una información de mayor profundidad. Utilizando una técnica de grupo de investigación cualitativa, detectó una marcada posición de que no se debería cobrar por acceder a los contenidos en línea; en este sentido los patrocinios y “*banners*” de publicidad fueron vistos los medios más aceptables de financiación, aunque se trataba de una elección inducida de respuesta

Como conclusión de los estudios realizados en el *New Mexico Museum of Natural History and Science*, se ha observado una diferencia estadística significativa entre individuos y grupos en el número de ficheros accedidos, aunque no haya una diferencia significativa en el tiempo que se gasta en la visita. Este hecho indica que los grupos navegan más que los individuos aislados, de manera similar al fenómeno observado en el museo real. El estudio también sugiere que el carácter social del ambiente del museo y la constitución de grupos son factores que influyen en la forma de visita.

Para Teather (1998), las cuestiones clave en la evaluación de los museos virtuales son “¿Cuál es la experiencia que se quiere transmitir?” y “¿Cómo saber cuándo se han cumplidos los objetivos?”. Para alcanzar estos objetivos se plantea la utilización de métodos de estudio del usuario a través de la adaptación de técnicas de evaluación en los museos y de la tradición de los estudios interdisciplinarios de interacción hombre-máquina.

Más que sustituir al museo real, creemos que el sentido del museo virtual reside justamente en su complementación, con la creación de nuevas experiencias para los usuarios. Pero más que la incorporación de elementos técnicos, la gran diferencia residiría en los modelos de actuación que el museo virtual puede proporcionar, con la posibilidad, por ejemplo, de realizar proyectos colaborativos con el sector de la educación formal, de forma que los museos y centros de ciencia puedan ampliar su misión educativa, tema del próximo capítulo. También cabe destacar que la utilización de la tecnología y el uso de las redes de ordenadores facilitan que el museo asuma un nuevo papel dentro de la sociedad, involucrando de forma activa a sus visitantes-usuarios y pasando de esta manera a constituir un punto de encuentro para el debate y para la discusión en las cuestiones científicas y técnicas.

Capítulo 6 – Enseñanza y aprendizaje en el museo virtual

Si en el Capítulo 4 hemos profundizado en los conceptos y prácticas que subyacen en la educación de ciencias y al aprendizaje en el museo, ahora tratamos de aplicar estos mismos conceptos tomando como base el museo virtual como desencadenante de acciones pedagógicas específicas en el entorno digital. En este sentido, ampliaremos la concepción del museo virtual como nueva forma de presentación de la información en el sentido pedagógico, así como otras oportunidades e iniciativas de complementación de los procesos educativos.

Los museos virtuales pueden destacar en relación con los museos tradicionales exactamente por aquello que es su principal característica: la virtualidad. De esta manera, los experimentos virtuales surgen como un contenido natural y único de los museos y centros de ciencia interactivos, como forma de ampliar las experiencias educativas de estas instituciones.

A partir del concepto de experimento virtual también analizamos otras formas relacionadas de educación de ciencias mediadas tecnológicamente, como son los entornos virtuales de aprendizaje y las simulaciones, utilizando en este proceso algunos de los conceptos desarrollados en el *Capítulo 1*. A la descripción de los principales proyectos del ámbito educativo realizados en museos virtuales y, de forma más general, en educación de ciencias, realizamos algunas consideraciones críticas acerca del concepto mismo de museo virtual y de las implicaciones de la tecnología educativa.

6.1. El museo virtual como soporte didáctico

Según la concepción de Hoptman (1992), en la cultura occidental los museos son los guardianes de la información de mejor calidad disponible. Hacer disponible este contenido a través de Internet puede crear nuevas audiencias para el museo, a la vez que servir de base para su incorporación a procesos educativos que tienen en cuenta esta amplia disponibilidad de información como elemento reestructurador del aprendizaje, en la medida en que redefine los papeles de los estudiantes y de los profesores.

Para Korteweg y Trofanenko (2002), “el mundo presentado a través de colecciones digitalizadas de museos frecuentemente es más rica y más heterogénea que lo que se ha encontrado típicamente dentro del aula”, pues permite el acceso no solamente a los artefactos, sino también a las interpretaciones de los conservadores de los museos y a los planes curriculares. La misión educativa del museo se ve entonces potenciada a través del museo virtual, con la consideración de que el museo mismo “es una propuesta de innovación pedagógica para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia y la tecnología” (Correa & Ibáñez, s.d.). Específicamente, en el caso del *lifelong learning*, los museos virtuales pueden disponer de actividades siempre

cambiantes, de manera que los estudiantes pueden continuar su trabajo a lo largo de los años, involucrándose de una forma bastante profunda (Schweibenz, Cradock, Dächert, & Pfurr, 1999).

El concepto de “acceso público” es uno de los principales factores que motivan la inversión en tecnología Web, por que permite que las escuelas, el público académico y el público general tengan acceso a los contenidos culturales de los museos, más allá de los límites del edificio físico. Sin embargo, el problema con el término acceso público es que no implica cualquier responsabilidad por parte del museo de proporcionar beneficios tangibles a la persona a quien se concede tal acceso, en otras, palabras, que los materiales disponibles no contienen una afirmación de valor. Los “datos sin valor añadido son útiles solamente para aquellas personas con suficiente conocimiento para interpretarlos y analizarlos” (Donovan, 1997). En este sentido, no solamente se deberían utilizar términos tales como educación pública en línea o aprendizaje público en línea, sino establecer en la práctica estos conceptos.

Para Jackson y Bazley (1997), “Internet provee acceso a los más extraordinarios recursos para el aprendizaje y es potencialmente el más poderoso auxilio para el proceso educativo jamás desarrollado, pero su uso para objetivos educativos todavía necesita ser estructurado y gestionado”. Se produce, así, compatibilidad entre el museo y los sistemas hipermedia, pues ambos son sistemas de información que contienen más datos que el usuario es capaz de experimentar de una sola vez y ambos disponen la información en capas para prevenir la sobrecarga informativa.

De manera general, las herramientas disponibles van a influir tanto en la forma como en el contenido de los proyectos educativos realizados por el museo virtual, mientras las estrategias didácticas, situadas dentro de un contexto sociocultural más amplio, determinarán la oferta educativa, por un lado, y por otro, la forma en que estos recursos se utilizarán en aula.

Entretanto, para que los museos virtuales en su misión educativa eviten la replicación de los museos tradicionales, o por lo menos de sus deficiencias, la presentación de la información también debe tener en cuenta las distintas formas en las que las personas aprenden, proporcionando variedad en cuanto a las formas de interactividad ofrecidas y creando un equilibrio a través de un *continuum* que va desde del papel del museo como experto hacia la situación del usuario como experto (Durbin, 2003). En este sentido, no solo las interfaces adaptativas (*ver 5.3.6.1.*) pueden favorecer distintos estilos de aprendizaje, sino se necesitan actividades participativas abiertas que se acomoden la a diversidad de motivaciones de los usuarios (*ver 6.3.*).

Uno de los primeros trabajos en el campo del papel educativo de los museos virtuales es la investigación de Barr (1998), que intentó contestar cómo los museos pueden utilizar la Web para realizar acciones de educación continuada, en función de su contenido informativo, de sus propiedades comunicativas, de la interactividad, de las respuestas al usuario y de la creación de

comunidades de práctica y servicios al visitante. A través de la incorporación de estos recursos y estrategias, los “museos de aprendizaje” se definen entonces como “sitios Web que ofrecen recursos de aprendizaje sustanciales, invitando a sus usuarios a repetir las visitas y que permiten investigaciones y exploración sustanciales” (Schweibenz, 1998). Otras características de un museo dedicado al aprendizaje serían la existencia de objetivos didácticos explícitamente articulados y de un foco claro en un dominio temático, además de acciones de soporte al aprendizaje (Schaller & Allison-Bunnell, 2003).

Pero la visión más común de la utilización de Internet para la creación de materiales educativos se refiere a la generación de actividades para que los profesores desarrollen contenidos curriculares con sus alumnos, de forma que “el alumno reconstruya la red de saberes interdisciplinarios que estructuran el fenómeno. Cada una de estas actividades puede extenderse y complementarse en las lecciones de matemáticas y ciencias, en el uso de las tecnologías de información y comunicación e Internet, y en otros conocimientos generales” (Honeyman, 1996).

Las experiencias educativas en línea podrían ser mucho más significativas desde el punto de vista educativo, si tenemos en cuenta que las actividades de los museos y centros virtuales se están diseñando para que los visitantes exploren e interactúen con los objetos de sus colecciones, a la vez que incorporan distintas estrategias para responder a la diversidad de sus conocimientos y experiencias. Sus exposiciones virtuales son abiertas y flexibles y los recursos en línea pretenden favorecer el espíritu investigador con actividades y proyectos para desarrollar de forma individual o en grupo.

En una gran parte de los proyectos llevados a cabo en la actualidad (*ver 6.3.*) se puede observar la asociación de los museos con escuelas. Una asociación de este tipo se justifica, por parte de museo, por el hecho de que además de beneficios comunes de los virtuales, como los de extender la colección ubicada en el museo físico hacia áreas distantes, ampliar la audiencia potencial y potenciar la visita física al museo, también tendría el beneficio de enriquecer la experiencia pre y post visita, además de ampliar el sentido de comunidad a través de la participación en la Red.

A través de las escuelas, los museos también pueden fomentar colaboraciones intelectuales que proporcionarán nuevos recursos al repertorio de información ya existente. Además, las escuelas pueden capacitar técnicamente a los museos dotados de pocos recursos tecnológicos, o por lo menos proporcionar muchas horas de trabajo voluntario para el tratamiento y digitalización de materiales. Otra ventaja potencial es la promoción de nuevas ideas sobre la misión y el sentido de los museos y de las escuelas en la “Era de la Información”. También puede llevar a mayores oportunidades de financiación, dado que los proyectos de colaboración se valoran positivamente en muchas convocatorias de becas de investigación. Para

lograr este tipo de colaboración es necesario extender el trabajo de los educadores del museo, a través de un mayor contacto con el personal escolar (McKenzie & Jamie, 1997).

El currículo Web de adopción posible por el museo virtual incorpora en la WWW al menos una parte de las actividades y recursos de la enseñanza formal (Kahn, 1997). Por ejemplo, un módulo curricular consiste en un conjunto de actividades de enseñanza y aprendizaje relacionados con un único tópico o tema y diseñado para seguirse como una unidad independiente. Según una guía de desarrollo curricular, los puntos a contemplar en un currículo Web son: una introducción, los objetivos, la audiencia, los prerrequisitos, una descripción del tema, los materiales de estudio, un plan instructivo y un plan de evaluación (Cunninghan & Boxer, 2000). Los currículos y módulos deben ser flexibles y fácilmente adaptables a distintos niveles de aprendizaje, pudiendo abordarse de distintas maneras, según el usuario y el contexto de aprendizaje, atendiendo así a requisitos de reutilización. Por otro lado,

La reconstrucción de la práctica y la necesaria programación de la mejora continuada del profesorado y de las escuelas exige atender tanto las necesidades conceptuales como las de procedimiento y actitudes de los profesores (Correa & Ibáñez, s.d.).

Por lo tanto, el principal reto es lograr un alto grado de interactividad y crear lazos entre la escuela y el museo, entre estudiantes, entre distintas escuela y entre el hogar y el museo (Hazan, 1999).

Pero como destaca Lewis (1997), los tres ámbitos –el museo, la escuela y la Web– poseen sus propias características como entornos de aprendizaje y poseen sus propios especialistas en contenidos. En relación con las escuelas, los recursos educativos creados deberían ser lo suficientemente flexibles, para que se pudieran utilizar de más de una manera, atendiendo a las distintas actividades que se pueden desarrollar en clase: actividades de grupo, serie de actividades con un tema central o con el alumno actuando de forma individual. De la colaboración entre museos y escuelas, dos perfiles profesionales deberían ser potenciados, el educador en el museo y el coordinador técnico en las escuelas, que deben actuar conjuntamente en la creación de los recursos educativos en línea.

En relación con su papel de complementación, Freeth (1998) utiliza una metáfora para situar el papel de los contenidos educativos en línea dentro del proceso de aprendizaje y de su relación con el museo real. Para este autor, la visita física sería como la mermelada en un emparedado. El pan –el material educativo– es lo que aporta más valor nutricional, pero la mermelada representa la “dulce experiencia de la visita real” y que hace digerible el “pan intelectual”. Los materiales educativos deben ser, entonces, el punto de encuentro entre los contenidos y la experiencia vivida en el museo

El papel educativo de los objetos reales en el museo se relaciona en primer lugar con la resolución y densidad de información. Las representaciones en dos dimensiones, como las fotografías, son abstracciones donde se sitúan los elementos que se ha decidido resaltar o ignorar. Por otro lado, se pierden las gradaciones de detalles y otros sentidos, como por ejemplo olor y textura, de manera que la “la colección holística de características de un objeto no puede representarse eficientemente en la ausencia del objeto” (Leinhardt & Crowley, 2002).

En segundo lugar, el factor de escala es importante en la medida en que en las representaciones gráficas, la escala se encuentra ausente o demanda transformaciones matemáticas. Asimismo, en muchos casos el tamaño del objeto es una de sus características más notables. En tercer lugar, la autenticidad implica la existencia de una interacción entre objetos específicos y la historia y la cultura. Es el sentido de conexión histórica que genera la capacidad de asombro asociada a objetos relacionados con eventos o personas veneradas o la conexión personal con objetos de extrema antigüedad. Por último, el valor se relaciona con la unicidad de un objeto, en algunos casos implicando un valor monetario, y con el sentimiento de que los objetos no susceptibles de posesión por el visitante.

Jackson y colaboradores (2001) describen una estrategia para la utilización de objetos primarios como motivación para la investigación en programas formales de educación de ciencias. Esta estrategia parte de un modelo de diseño para el desarrollo de contenidos educativos a partir de objetos de las colecciones de museos que proporcionen no solamente la historia, sino el contexto histórico, cultural y científico de este objeto con énfasis en el elemento humano. En cuanto a su materialización, esta estrategia ha utilizado plantillas como elementos de estructuración, tanto del contenido como de los aspectos estéticos de las exposiciones virtuales. En relación con el contenido, se han distinguido entre los recursos dedicados a los profesores, como por ejemplo utilizar el trasfondo científico para la presentación del objeto y cómo relacionar actividades con el currículo formal. Para los estudiantes, se proponen actividades en línea y convencionales, además de materiales de referencia, bibliografía adicional y enlaces a otros sitios Web.

En contrapartida a centrarse en los objetos, el argumento de que la función del educador es lo que distingue al museo de una simple colección de objetos se amplía con la concepción de la figura del “ciberdocente”, que distingue el museo virtual de una simple colección virtual (Rayward & Twidale, 1999). Las funciones y objetivos del docente, o educador, en el museo tradicional son hacer a los visitantes conscientes de lo que está disponible en el museo, guiarlos físicamente a través del espacio físico, aumentar su conocimiento y el disfrute de las colecciones; funciones éstas que implican distintos procesos comunicativos. Aún dentro de esta perspectiva, deben hacer preguntas para estimular al público, contestar a preguntas individuales y facilitar el diálogo entre los participantes de una visita con el objetivo de crear una

discusión. En suma, la función docente en el museo debe inspirar a los visitantes, respondiendo a las necesidades de grupos y de visitantes individuales.

La antropomorfización del término se realiza de forma premeditada, pues se trata de conseguir que “la funcionalidad del ‘ciberdocente’ abarque las tareas llevadas a cabo por el docente humano y la prácticas informativas e instructivas relacionadas que los museos desarrollaron en el entorno físico” (Rayward & Twidale, 1999). El “ciberdocente” se puede entender como la implementación de diferentes funciones docentes a través de tecnología digital, para la mejora de la misión educativa a través de la creación de posibilidades de interacción entre lo real y lo virtual. Sin embargo, su implementación requiere que por lo menos una parte de la colección esté disponible en formato digital, de forma que la concepción de museo virtual es un prerrequisito.

El trabajo de los docentes humanos también se puede auxiliar por el “ciberdocente”, como por ejemplo, mediante el acceso a la información, de la planificación de visitas o de la disposición de módulos de entrenamiento para introducir el docente al museo y a sus colecciones. Se puede concebir, por ejemplo, un repositorio de conocimiento que refleje la experiencia adquirida por los docentes a lo largo del tiempo, sugiriendo actividades y maneras de manejar determinados temas o miembros del público, listando las estrategias que han funcionado, las maneras de adaptar la visita a distintos grupos y otros tipos de conocimiento informal, como por ejemplo las preguntas realizadas con más frecuencia.

Particularmente, la capacidad comunicativa de Internet permite al museo desarrollar relaciones de largo plazo con el público. El ejemplo más contundente de este acercamiento es el proyecto *Students' and Teachers' Educational Materials - STEM* (materiales educativos de estudiantes y profesores), desarrollado por el *Science Museum*, que incentiva a los estudiantes y sus profesores a crear sus propias exposiciones, a través de proyectos relacionados con el museo, y hacerlas disponibles a través de Internet. Entretanto, la publicación de los recursos creados se realiza en servidores de la propia escuela, aunque sean registrados y catalogados en una base de datos del museo. Los recursos enviados demandan una evaluación, además de tareas de gestión y mantenimiento en la base de datos, sobre todo para la detección de información obsoleta o de sitios Web trasladados de sitio (Jackson, Bazley, Patten, & King, 2002).

En el ámbito educativo, el proyecto intenta explorar el grado en que a través de este medio, profesores y estudiantes puedan ser motivados a reflexionar sobre la experiencia de visita –real o virtual– al museo. Por otro lado, también supone la reinención del museo, en cuanto a su naturaleza y a un papel en la sociedad, con la reinterpretación y reestructuración de sus contenidos, a través de distintas perspectivas que sólo el museo podría crear.

Los resultados del proyecto son tanto sus productos, como los recursos publicados, que con el tiempo derivarán en la creación de un repositorio de alta calidad de recursos

educativos que complementen los propios materiales publicados por el museo, como los procesos implicados, para que el museo sepa como se están utilizando educativamente sus recursos y asegurar que la experiencia de visita vaya más allá que la excitación momentánea y se desarrolle una oportunidad de aprendizaje a largo plazo.

En relación con las cuestiones prácticas, habrá que asegurar la calidad y longevidad de los materiales enviados, además de las implicaciones acerca de la autoría institucional, como la responsabilidad del autor –un tema relacionado con la calidad y fiabilidad de la información científica– y de la explotación de los derechos de autor. En cuanto a la primera cuestión, el museo monitoriza los recursos pero no se hace responsable de los materiales propiamente dichos (Jackson *et al.*, 2002).

Otra posibilidad educativa del museo virtual son las excursiones de campo. Una excursión de campo se puede definir como una “visita (a una fábrica, finca o museo) realizada (por estudiantes y un profesor) con el objetivo de realizar una observación de primera mano”, según el supuesto de que “el mundo real es donde teoría y práctica se unen y la ciencia se hace relevante, dándole un sentido que lleva a la comprensión” (Nix, 1999) y se abre la posibilidad de hacerlas virtuales¹. Así, una excursión de campo virtual se puede definir como:

Una colección interrelacionada de imágenes, texto de soporte y/o otros medios, presentados electrónicamente a través de la World Wide Web, en un formato que pueda ser presentado de manera profesional para relacionar la esencia de una visita a un tiempo o lugar (Nix, 1999).

El diseño y eficacia de excursiones de campo virtuales depende de la definición de una estructura para que se desarrollen habilidades científicas reales, como la observación, la inferencia, la predicción, la comprensión, y la resolución de problemas, además de utilizar estrategias de integración transversales al currículo, proporcionando un marco para abordar temas complejos y el soporte a múltiples estilos de aprendizaje. Por otro lado, nuevos recursos tecnológicos disponibles, como las *webcams*, las películas interactivas y los *chats* con científicos fomentarán la creatividad y motivarán el desarrollo de excursiones de campo virtuales, acercando el museo a los sitios donde se realiza la investigación científica puntera (*ver* 5.3.5.).

Una especie de excursión de campo sería la visita virtual al museo. Según Barshinger y Ray (1998), la organización previa de visitas a galerías tendrá resultados positivos, en los planos cognitivo y afectivo, dado que en la práctica se observan reacciones en el comportamiento de los alumnos a la disposición física y a la novedad que interfieren con el aprendizaje y con capacidad

¹ Un ejemplo contundente de excursiones de campo virtuales es el Proyecto JASON que abarca exploraciones globales con la utilización de tecnologías de telecomunicaciones avanzadas, de la interacción con científicos a través de satélites transmitidas a la red escolar a través de teatros con pantallas gigantes y del acceso a lecciones relacionadas.

de exploración. Tradicionalmente, en la preparación de las visitas, se utilizan materiales organizativos y de orientación, como los paneles de información, las discusiones pre-visita con los profesores, las presentaciones de diapositivas, los materiales didácticos y los mapas logísticos, en lo que se podría definir como antecedentes de la visita virtual.

Una experiencia realizada en el *Children's Museum of Indianapolis* utilizó el “aprendizaje audiovisual en dos vías”, es decir, la videoconferencia, como elemento organizador de la visita² mediante una cámara móvil con posibilidad de conexión a distintos puntos dentro del museo, con una cobertura casi completa de su espacio físico. Se han realizado transmisiones con la presentación de este entorno. Esta estrategia se puede extender a programas de educación a distancia, conectando a escuelas, y utilizando los recursos del museo como un marco teórico adecuado para la enseñanza. Los resultados preliminares del estudio sugieren que la tecnología es eficaz a la hora de orientar los estudiantes en las galerías del museo (Barshinger & Ray, 1998).

Retomando el tema de apoyo al docente a través del museo virtual, Korteweg y Trofanenko (2002) proponen que se revise la relación entre los profesores, los museos y el papel de la educación en los museos, reconociendo que los museos pueden proporcionar el desarrollo profesional de los profesores. Mientras que un imperativo del museo es educar a través de sus exposiciones y programas, los profesores constituyen el enlace crucial entre los objetivos pedagógicos y la utilización eficaz de las herramientas y recursos tecnológicos (Korteweg & Trofanenko, 2002). Se puede pensar así en la utilización de museos virtuales por profesores con fines de desarrollo profesional³.

No obstante, la realización de actividades educativas también implica problemas epistemológicos, como por ejemplo la determinación de qué conocimiento es transmitido y de cómo los recipientes van incorporar este conocimiento. Se necesitan, por lo tanto, guías paso a paso de cómo el conocimiento del museo puede ser transmitido y transferido al estudiante con la intermediación del profesor en este proceso.

Es necesario, entonces, proponer una mayor implicación de los profesores en el diseño de actividades basadas en Web, y de manera similar un diseño del aprendizaje orientado a las necesidades de los profesores. Por ejemplo, los profesores, como intermediarios entre la audiencia representada por los alumnos y la intención educativa del museo, pueden juzgar como los alumnos responden a las actividades realizadas por los museos. Según esta premisa, los museos deben reconocer los contextos pedagógicos en que los profesores trabajan y los

² Por otro lado, la visita virtual a través de videoconferencia también se presenta como una novedad en si misma, y una posible distracción del contenido presentado (Barshinger & Ray, 1998).

³ Por otro lado se puede aplicar la misma visión, a otros profesionales involucrados en la implementación de tecnologías educativas, como por ejemplo los diseñadores de *software* y los educadores y conservadores de los museos.

profesores conocer los tipos de aprendizaje posibles a través del dominio del museo, según un esquema de “interactividad sostenida” definido por Huberman (1999).

El marco teórico para el establecimiento de esta relación debe analizar los puntos de flujo de conocimiento entre la comunidad de investigación y la comunidad de práctica. En un primer momento, se debe definir cómo el museo caracteriza al profesor, una visión de la cual deriva su acercamiento pedagógico del museo, pues establece cómo los profesores deberían utilizar sus recursos. Por otro lado, el reconocimiento de cómo las dos comunidades interactúan sirve para determinar qué conocimiento fluye de un entorno a otro. Por último, la interacción entre el museo y la escuela, entre instituciones más que entre individuos, es necesaria para comprender los beneficios que se pueden derivar de este tipo de relación⁴.

El objetivo final es sencillamente un practicante bien informado. El profesor pase a participar en la construcción colectiva del conocimiento a través de la colaboración activa, basándose en el principio de que cada comunidad profesional posee un valor con el que contribuir. Por otro lado, el medio digital debe servir para perfeccionar y extender las prácticas de los profesores, con el riesgo de que los recursos proporcionados se conviertan en meros accesorios si no son considerados de forma crítica (Korteweg & Trofanenko, 2002).

Estos objetivos se manifiestan por ejemplo, en la visión del centro de ciencias *Maloka*, en Colombia, que entiende al museo como un “instrumento pedagógico para apoyar la estructura del proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de la escuela, y convierten al Centro en un sitio de encuentro entre la comunidad educativa y la comunidad científica” (Hoyos, 2001a).

Esta participación también es necesaria en la medida en que el museo avanza sobre las ideas de educación y de colaboración, en tiempos en que estos conceptos se están cuestionando en la arena política y social, con el reclamo de un compromiso, implicación y financiación de la misión educativa del museo y por la tecnología necesaria para responder a las demandas sociales.

Para finalizar, entre las cuestiones de investigación dentro del aprendizaje en los museos virtuales se pueden mencionar cuál el papel del uso de Internet para la interpretación de los objetos, de los fenómenos e ideas presentes en el museo, cuáles los tipos particulares de experiencias educativas que se presentan más adecuadas para la Web y qué tipos de experiencias soportan un aprendizaje eficaz (Dierking & Falk, 1998b).

⁴ Una iniciativa del centro interactivo *Exploratorium* ha sido el *Institute for Inquiry*, una sub-institución de investigadores académicos, educadores del museo y profesores interesados en aplicar la noción de investigación a la enseñanza de ciencias. A través del instituto, se buscó una asociación permanente con profesores para proporcionar información acerca de innovaciones pedagógicas y recursos en aprendizaje investigativo.

6.2. Experimentos y laboratorios virtuales

Así como en el caso de la comunicación científica, nuestro análisis ha partido desde la actividad realizada dentro del seno de la comunidad científica. También en el caso de los experimentos virtuales, éstos tienen su origen en la propia ciencia. En la actualidad, la práctica de la ciencia se modifica por el concepto de “laboratorio virtual” y de “ciencia virtual”, esta última estrechamente vinculada al concepto de simulación.

El “colaboratorio” se define como “sistemas de comunicación y computación integrados orientados a herramientas para soportar la colaboración científica” (Cerf, 1993) y nace de la fusión de tecnologías de comunicación electrónica y de ordenadores, con el “acceso a documentos, manejo de datos y recursos de análisis y permite la colaboración humana remota”, independientemente de la ubicación física de los investigadores individuales (Johnston & Agarwal, 1995).

Un término alternativo más que una concepción distinta, el laboratorio virtual es “un espacio de trabajo electrónico para la colaboración y experimentación a distancia en la investigación u otras actividades creativas, para generar y presentar resultados utilizando tecnologías de información distribuida y comunicación” (Vary, 2000). En sentido amplio, trata de obtener objetivos creativos o que sustenten la toma de decisiones a través de la colaboración, aplicándose a proyectos complejos y a grande escala –más allá de la capacidad individual de un único laboratorio o nación– que demanden la actuación de expertos de varias instituciones y la actividad interdisciplinaria.

En otros casos, la distribución geográfica es esencial para los objetivos técnicos, como por ejemplo las observaciones astronómicas o meteorológicas que requieren la recolecta ininterrumpida de datos, o por la necesidad de la participación de expertos de distintas localidades, debido a la existencia de datos o experimentos de campo específicos a una región. Otras motivaciones son el acceso remoto a instrumentos científicos escasos o de difícil acceso o cuando la aplicación de los resultados para obtener beneficios económicos y sociales dependa de una participación regional. Los laboratorios virtuales son un nuevo paradigma y una nueva cultura dentro de la actividad científica, una de “funciones cognitivas compartidas”.

En cuanto a la taxonomía de las herramientas utilizadas en los laboratorios virtuales, se distinguen tres niveles. La **comunicación persona-persona**, modelada según técnicas convencionales de interacción humana, que conecta a los investigadores entre sí. En esta clase de herramientas se incluyen los mecanismos de publicación electrónica para permitir la comunicación intelectual durante el proceso de investigación y la diseminación de sus resultados.

La **comunicación persona-equipo** que implica la operación remota de controladores e instrumentos de medición, tanto de forma interactiva (teleoperación) o asíncrona,

a través de un procedimiento predefinido (teleprogramación). En este caso, la simulación virtual local surge como un proceso de depuración y optimización del uso de los recursos.

Por último, la **comunicación persona-“metamáquina”** consiste en el acceso a redes inteligentes de información y recursos computacionales. La investigación basada en conjuntos distribuidos de datos y manipulados por algoritmos de transformación en superordenadores es cada vez más común en varias áreas de la ciencia. A través de filtros, se extraen los datos significativos de una determinada cuestión, que se transforman y se analizan estadísticamente⁵.

Por otro lado también se deben considerar las implicaciones más amplias, como por ejemplo, las cuestiones organizativas, económicas, legales, sociales, psicológicas y éticas relacionadas con la adopción de los laboratorios virtuales.

A partir del concepto de virtualidad Peschl y Riegler (2001) introducen el concepto de simulación, como extensión del método científico tradicional y como base para la ciencia virtual. A partir de las perspectivas de la epistemología y de la filosofía de la ciencia, se pueden observar relaciones cercanas y similitudes estructurales entre los procesos de adquisición y producción del conocimiento en la cognición humana y en la ciencia. Se observan, así, tres modos de adquisición del conocimiento en la interacción de un individuo con su entorno.

En el primer modo, denominado **modo empírico**, un determinado aspecto del entorno es detectado por el sistema sensorial. En este sentido, la cognición se puede entender como un sistema perceptivo dotado de procesamiento de señales. Cuando se produce una alteración en el entorno, se activa un cambio de estados y la señal exterior se transforma en un señal interna, en un proceso de transducción, proporcionando una representación primaria del entorno.

Ya en el **modo constructivo** entra en juego el procesamiento de datos, cuyo objetivo es detectar estructuras, como por ejemplo clases, correlaciones, tendencias y padrones en el espacio y en el tiempo. De la misma manera se operan procesos de abstracción, con clasificación, e inducción de los datos. El conocimiento generado en este modo posee carácter universal / general dentro de un dominio. A través de este conocimiento se pueden describir dinámicas temporales, predecir fenómenos y si es de índole operacional, realizar acciones, incluso de manipulación y control de la estructura del entorno mismo. El aprendizaje, la adaptación, la clasificación y la construcción son los procesos que caracterizan este modo estándar de adquisición del conocimiento.

⁵ Algunos ejemplos son el *National Virtual Laboratory* en Estados Unidos y el *Earth Simulator Center* en Japón, tratando respectivamente de la astronomía y de las ciencias de la tierra “virtuales”. La base de datos *ComBase* del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, permite la realización de experimentos virtuales acerca del comportamiento de bacterias y otros agentes patógenos sobre los alimentos, en sus distintas fases de elaboración.

Por último, en el **modo sintético**, se anticipan situaciones o eventos sin la necesidad de que estos sucedan. Al aplicar operaciones computacionales a los modelos generados por el modo constructivo, se predice un resultado. Esto permite la exploración de efectos potenciales de acciones potenciales, sin la necesidad de externalizar estas acciones en el entorno, de forma que éste se deja de un lado como fuente de nuevo conocimiento. El dominio virtual se convierte en una etapa alternativa del espacio de representación, frente al acercamiento clásico, donde el entorno es un factor limitador en la adquisición del conocimiento. Sin embargo, en el modo sintético se hace necesario un sustituto, un modelo del fenómeno y del entorno. También cabe destacar la existencia de una característica de síntesis en este modo del conocimiento, pues las teorías y conocimiento existentes se disponen sintéticamente, formando un conjunto de “ingredientes” y reglas de interacciones entre ellos.

La simulación introduce un lazo adicional en el ciclo clásico deducción-inducción de producción del conocimiento científico, que tiene una influencia sobre el desarrollo la teoría misma. El resultado de la simulación crea predicciones sobre la dinámica del mundo real y si las predicciones no son satisfactorias, se realizan cambios en el modelo computacional, que a su vez, pueden sugerir cambios en la teoría original.

Se llega entonces al paradigma de la ciencia virtual, en la cual las simulaciones pueden generar nuevo conocimiento científico. La simulación, como un modelo simplificado del fenómeno natural, posee el valor de aumentar el valor explicativo de una teoría y de forzar la aplicación de la teoría a una forma operacional. En el nivel conceptual y operacional, el carácter algorítmico de la simulación es más fácilmente comprendido por una persona, pues desecha los detalles “microscópicos”, los residuos del real (Peschl & Riegler, 2001).

Por otro lado, los laboratorios virtuales y sus respectivos experimentos también se pueden aplicar en el campo de la educación, no con el objetivo de construir nuevo conocimiento científico, sino para transmitirlo. Los experimentos virtuales pueden servir como factor para incentivar experiencias de aprendizaje con un ritmo propio, de forma que el estudiante pueda detenerse en determinado paso para consultar manuales o libros de texto y luego volver al experimento, sin tener que aprender al ritmo de sus compañeros. Educativamente, entonces,

Un laboratorio virtual es un entorno de realidad virtual que simula el mundo real con el objetivo de aprendizaje por descubrimiento (Subramanian, 2002).

Para Carnevale (2002), la cuestión de su adopción es un cambio de paradigma, desde la transferencia de información en contraposición al espíritu investigador en los laboratorios virtuales.

En la discusión sobre los laboratorios y experimentos virtuales educativos existe la necesidad de comprender las diferencias de la economía física e informacional de los dos tipos de laboratorio y cómo estas diferencias pueden ayudar a superar algunas limitaciones de los laboratorios físicos. El laboratorio real se utiliza para relacionar conceptos fundamentales de las ciencias con fenómenos del mundo real, reforzando el aprendizaje a través de la experimentación práctica y proponiendo la solución de problemas en el mundo real, con un sentido práctico. Su deficiencia pedagógica reside en la necesidad de realizar desplazamientos espacio-temporales entre lo que es enseñado, explicado y aprendido y lo que es practicado e interiorizado y en la demanda de grandes espacios y de una logística eficiente para soportar el ambiente físico (Shung Hwee, Nee Yeh Ching, Andrew, & Eng Lim, 2001). Además, las actividades tradicionales en laboratorio son diseñadas para reducir la incertidumbre, requieren poco compromiso por parte de los estudiantes y no enfatizan la interacción social (Edelson, 1997).

La esencia de los laboratorios, por lo tanto, es su valor informacional, el aprendizaje y la experiencia “*hands on*” que proporcionan. El laboratorio virtual puede permitir el desacoplamiento de este valor de las limitaciones económicas físicas –de espacio y de recursos⁶– pudiendo aumentar su valor. En cuanto a la logística, el laboratorio virtual permitiría la capacidad de albergar múltiples experimentos a la vez, sobrepasando cualquier limitación. Además, los experimentos virtuales pueden simular ambientes peligrosos o experimentos demasiado caros, así como aquellos imposibles de realizar en el mundo real, por ejemplo, utilizando leyes que no se aplican en el mundo real o que se aplican en ambientes lejanos, como puede ser la acción de la fuerza de la gravedad en la Luna. Otra ventaja, vinculada con la quiebra de las barreras espacio-temporales, es la posibilidad de realizar el experimento, a cualquier hora, en cualquier lugar.

Sin embargo, los laboratorios virtuales no serán capaces de replicar las características inesperadas –los errores aleatorios, los equipos defectuosos– del laboratorio real, además de elementos relacionados a los sentidos, como el peso, el “toque”, la utilización manual de herramientas y la percepción de olores (Mannix, 2000)⁷.

¿Pero puede un “experimento” ser un experimento si no hay ocasión de conseguir nada más que los resultados correctos? Una cualidad esencial de la ciencia es que, en realidad las cosas pueden ir mal. Es solamente a través de la clasificación de datos y por el descubrimiento de una regularidad que no es evidente que por lo que se puede clamar que algo “se descubrió”. El no poder descubrir la conclusión adecuada parecería ser una condición mínima necesaria para hacer el aprendizaje por descubrimiento diferente de la educación didáctica y expositiva, en cualquier tema (Hein, 1998).

⁶ Otros factores vinculados a la logística de los laboratorios reales son la existencia de equipos caros y frágiles, las cuestiones relacionadas con la seguridad y el entrenamiento para su correcta operación (Mannix, 2000). Además, en los laboratorios tradicionales, con el aumento del número de estudiantes, se obtiene una menor proporción entre personal de apoyo y estudiantes (Colwell & Scanlon, 2000).

⁷ Asimismo la experimentación virtual surge como una ventaja para las instituciones dedicadas a la enseñanza a distancia, por proporcionar experiencias prácticas a sus alumnos (Scanlon, 1997).

Otra característica de los experimentos virtuales es la integración de experimentos reales a través de equipos, en lo que en el contexto de la ciencia se había denominado interacción persona-instrumento, y medidores ubicados en el laboratorio real. La existencia de experimentos reales y virtuales paralelos, por el otro lado, permitiría la comparación de las propiedades del mundo real con su forma virtual (Scanlon, 1997).

Algunos autores ven la reducción potencial de costes en laboratorios reales –como los materiales fungibles y los gastos en personal técnico– como la principal ventaja de los laboratorios virtuales, más que por la mejoría en los resultados del aprendizaje. Aún así, los laboratorios virtuales requieren costes de mantenimiento debido a la necesidad de actualizaciones, de cambios en los recursos de información e instructivos y de alteraciones en la versión del *software* utilizado (Dalgarno, 2002).

En contrapartida, conceptualmente se trata de la convergencia entre lo que es enseñado y lo que puede ser simulado y lo que puede ser observado y practicado. Otras posibilidades de los laboratorios virtuales son la experimentación libre, no siendo necesaria seguir instrucciones de forma rígida y la utilización de equipos que la institución no posee. Un aspecto importante es que permiten experimentar más de lo que sería posible en un laboratorio real, ya sea por razones de tiempo y seguridad o por proporcionar más variables que en la realidad, permitiendo la recreación de cualquier situación posible (Carnevale, 2002). Desde el punto de vista del profesor, la supervisión en el laboratorio cambia de garantizar la seguridad de los estudiantes a asegurar los objetivos educativos como valorar la viabilidad del experimento, los resultados del aprendizaje y el nivel de motivación de los alumnos (Ip & Canale, 1996).

En relación con el aspecto afectivo, y el laboratorio virtual se puede percibir como una forma de entretenimiento, similar a los videojuegos. De manera similar, los experimentos virtuales deben facilitar la experimentación, más que la observación pasiva, como en una película (Forsén, 2002). Es oportuno en este punto rescatar el concepto de interactividad en el sentido de la capacidad de influenciar un proceso o fenómeno; como lo propuso Norbert Winer, la interactividad consiste en el establecimiento de un lazo (o *loop*) de mensajes, en el cual una entidad 1 y una entidad 2 se encuentran conectadas por un *loop* de control.

Este concepto abarca otros elementos de la interactividad, como pueden ser la interacción dialógica entre dos personas reales a tiempo real y la oferta de decisiones y de acciones del usuario, más allá de la posibilidad de solamente visualizar imágenes.

Al mismo tiempo, el estudio de conceptos y leyes necesitan condiciones ideales, imposibles de alcanzar en el mundo real, de forma que “el mejor análogo en el mundo real nunca podrá compararse con la simplicidad y la elegancia de un experimento virtual de este tipo” (Ip &

Canale, 1996)⁸. Es más, la experimentación virtual permite una experiencia que vaya más allá que lo real se cita el ejemplo del “Microscopio Virtual”, desarrollado por la *Open University* de Reino Unido. Este aparato virtual permite que los estudiantes roten una muestra de roca, mientras la visualizan en luz polarizada plana y luz polarizada transversal al mismo tiempo, hecho que lo que no es posible en un microscopio convencional (Whalley, 1995).

En cuanto al aspecto de la naturaleza de la información, los experimentos y demostraciones son ideales para la representación de información dinámica, por ejemplo en la simulación de reacciones químicas. Permiten, además, la interactividad real, con la manipulación de los parámetros del sistema para alcanzar la comprensión y la representación multimedia de conceptos, a partir del estudio de gráficos y animaciones. Todos estos tipos de información no se pueden ser representar, distribuir o comunicarse eficazmente en forma textual. También cabe resaltar que no todos los tópicos son adecuados para el uso de elementos dinámicos; solamente aquellos que presentan dificultades para el aprendizaje se deben considerar (Kamthan, 1999).

Al tratar de experimentos, y por lo tanto del proceso de la ciencia, los laboratorios virtuales se pueden utilizar como recurso auxiliar para la enseñanza de los contenidos transversales, por no decir culturales, de la ciencia. Por ejemplo, el desarrollo de laboratorios virtuales que recrean experimentos clásicos en fisiología permiten que el estudiante se haga una idea más profunda sobre la historia de la ciencia —especialmente de como los científicos del siglo XIX partieron desde la observación hacia la práctica— y del método científico (Bettenworth & Abott, 2000).

Por otro lado, el desarrollo de laboratorios virtuales que incluyan todas las variables que los estudiantes puedan encontrar en un laboratorio real se presenta caro y complicado. Es necesario desarrollar una metodología y un paradigma para la estructuración y organización de experimentos virtuales. Existe en la actualidad una gran variedad en el significado y forma de lo que se suelen llamar laboratorios virtuales, con grados de formalidad en su definición y en el grado de complejidad de su implementación⁹. Por ejemplo, el sitio Web del centro interactivo *Estação Ciência* en Sao Paulo, adopta el concepto de laboratorio virtual como un espacio para la presentación de conceptos e informaciones en forma de juegos y animaciones interactivas (Matsukuma & Leite, 2001), y no como espacio de experimentación propiamente dicho.

Anteriormente a la WWW, los laboratorios virtuales consistían simplemente en entornos simulados donde los alumnos se familiarizaban con la operación de equipos e instrumentos reales. Internet, por otro lado, ha permitido la distribución geográfica de usuarios, de forma que se puedan compartir los instrumentos y la maduración de las tecnologías de

⁸ Quéau (1995) denomina a los experimentos virtuales, experimentos simbólicos, *in machina*.

⁹ Otros “laboratorios virtuales” se limitan a visitas virtuales al entorno físico de laboratorios reales y aunque proporcionen información detallada sobre la investigación realizada o sobre los equipos e instrumentos, no permiten la experimentación. Por ejemplo LAB-VR (ver 6.4).

información y comunicación ha ampliado el rango de clasificaciones de laboratorio virtual, desde experimentos en solitario para la demostración de fenómenos de naturaleza teórica, con poco espacio para la exploración de parámetros y ninguna posibilidad de diseño de los experimentos por los estudiantes, hasta los entornos más heterogéneos de solución de problemas con amplios recursos dedicados a la investigación interdisciplinaria (Shung Hwee *et al.*, 2001).

La metodología propuesta para el desarrollo de experimentos virtuales sigue una serie de pasos, empezando por la definición del campo de interés. En seguida se deben definir los elementos básicos del experimento, las leyes naturales utilizadas y sus condiciones de aplicación. También habrá que especificar las condiciones de terminación, o sea, las condiciones en que se declara el experimento finalizado. Definidos estos parámetros, sigue el desarrollo del componente lógico, con la prueba de valores iniciales y el diseño de la interfaz, con la definición de las acciones posibles para el usuario y del grado de libertad del mismo dentro del entorno (Avradinis, Spyros, & Panayiotopoulos, 2000).

Desde el punto de vista de la tecnología informática, la programación orientada a objetos permitiría la extensibilidad, la flexibilidad, la modularidad y la reusabilidad de los experimentos virtuales. Subramanian (2002) presenta una arquitectura de *software* para el desarrollo de laboratorios virtuales inteligentes, estableciendo una arquitectura común sobre la cual laboratorios adicionales pueden ser construidos rápidamente. Además, propone el diseño e implementación de un sistema de ayuda inteligente que sirva como guía para el estudiante a través del laboratorio.

Conceptualmente, un experimento virtual se compone de cinco capas. La primera está compuesta de los parámetros primarios de interfaz de usuario, que se refieren al instrumento utilizado en el experimento. Estos aparatos pueden clasificarse en tres categorías: un espécimen, un actuador y un instrumento de medición. Este modelo, denominado *Specimen, apparatus, instrument* – SAI (especimen, aparato e instrumento), es vital para el desarrollo conceptual de los experimentos virtuales e implica la promoción de su reusabilidad y la independencia en relación con los dominios del conocimiento (Shung Hwee *et al.*, 2001).

La segunda capa se compone de los parámetros secundarios de interfaz de usuario, que se refieren a las propiedades de cada objeto, dentro de cada una de las categorías SAI y que complementan la descripción de los aparatos, con base en los parámetros primarios previamente definidos.

La tercera capa es la de configuración, y consiste en un “objeto de parámetros” que reúne toda la información de parámetros primarios y secundarios y luego transmite esta información para que se compute por el motor. Además, la capa de configuración posee un “objeto de visualización”, responsable de recibir los parámetros especificados por el usuario y

generar una visualización del instrumento. El objeto de gráficos maneja los gráficos asociados con el experimento virtual.

La capa del motor es el elemento computacional y relaciona los cambios realizados sobre los parámetros primarios y secundarios con los cambios en la visualización, valiéndose de los modelos matemáticos que describen el fenómeno asociado. En este nivel lógico de la arquitectura, se utilizan los modelos matemáticos de las leyes naturales. En las ecuaciones diferenciales empleadas en estos modelos, el sistema se mueve del estado actual a otro estado alejado sólo un fragmento de tiempo límite más allá. De la duración de este fragmento dependerá la precisión del experimento. Para cómputos complejos, el motor podría estar vinculado a recursos de supercomputación. La quinta y última camada, la de la visualización (Avradinis *et al.*, 2000).

Otras propuestas sitúan el laboratorio virtual dentro de un entorno simulado en tres dimensiones. En este entorno el usuario está “empotrado” en este mundo virtual, siendo capaz de mover objetos y hacerlos interactuar entre ellos. Las limitaciones de las aplicaciones multimedia clásicas, como de algunos dominios del conocimiento que dependen de la información visual –por ejemplo, geometría, geografía, historia, química biología y física– y su modelado requiere representaciones en 3D. Al adoptar el punto de vista en tercera persona, el usuario ya no es considerado como una parte activa del sistema, sino como un elemento externo a él, comunicándose a través de métodos indirectos, o icónicos. Este cambio cognitivo se relaciona con el factor afectivo del aprendizaje, al implicar al usuario en el experimento.

En el caso de entornos visuales en tres dimensiones, el motor visual 3D construye la representación visual del laboratorio y proporciona la interfaz de interacción hombre-máquina, permitiendo acciones del usuario dentro del laboratorio y creando datos para el componente lógico. La visualización en tres dimensiones permite una visualización más fiel de los objetos en comparación con la visualización en dos dimensiones, dada la dimensión adicional de profundidad y la posibilidad de utilizar otros puntos y ángulos de vista. La realidad virtual, sin embargo, incorpora características de inmersión, de presencia, de implicación directa, de retorno visual inmediato, de autonomía e interactividad. La inmersión ayuda la retención, permitiendo la memorización de conceptos e incentivando la utilización del entorno virtual.

En este sentido, la complejidad técnica en la creación de los experimentos virtuales es una de las principales barreras que los educadores afrontan en la adopción de este concepto. Para hacer su uso más generalizado, debe facilitarse la creación de contenidos. Esta modelización conceptual de “aparatos virtuales”¹⁰ tiene como objetivo minimizar la carga de trabajo técnico en

¹⁰ Los aparatos virtuales deberían reflejar características de los aparatos físicos, por ejemplo, facilidad de manipulación, posibilidad de combinarse para crear experimentos virtuales, así como reflejar comportamientos del mundo real (Ip & Canale, 1996).

el diseño de experimentos virtuales, permitiendo que legos puedan configurar y modificar los experimentos a través de una interfaz amigable. Esta visión implica la construcción de un componente genérico de *software* reutilizable, basado en especificaciones abiertas para asegurar la interoperabilidad de aparatos provenientes de distintas fuentes y que puedan ser combinados para crear experimentos virtuales.

Ip y Canale (1996) proponen una central de registro automático para facilitar la distribución de experimentos virtuales. Entre los servicios proporcionados por este repositorio estaría el de categorizar el aparato virtual para facilitar la búsqueda, proveer información sobre el desarrollador, proveer información sobre el control de la versión de la aplicación y el empaquetado digital de los aparatos, para garantizar que los aparatos no se hayan modificado después del envío por parte del desarrollador.

6.3. Planificación de la enseñanza y aprendizaje en los entornos virtuales

Para Pea, Gomez, y Edelson (1995) el desarrollo de aplicaciones educativas debe servir como motor de nuevos desarrollos tecnológicos, teniendo en cuenta que apenas a través de nuevas demandas se va a generar la necesidad de la aplicación. En este sentido, la educación se debería considerar una “área de invención” para el desarrollo de nuevos paradigmas y de tecnologías de telecomunicaciones y ordenadores, más que como una justificación para la reutilización de aplicaciones ya existentes.

La innovación debe empezar con una comprensión de las necesidades educativas y de las posibilidades tecnológicas y basarse en las tendencias técnicas, en las teorías del aprendizaje, y en los cambios en la realidad escolar, arreglos de marketing posibles y estrategias de diseminación (Pea *et al.*, 1999).

El uso efectivo de la tecnología educativa, según la *National Science Foundation*, estimula a los estudiantes y le hace involucrarse con el material, por ejemplo a través de juegos de rol y simulaciones; ilustra el mecanismo de sistemas complejos al explorar relaciones de causa-efecto o demostrar escenarios microscópicos moleculares o hipotéticos; incentiva la colaboración con otros individuos, equipos o instituciones para coordinar un esfuerzo de grupo, mientras que expone a los estudiantes a diferentes ideas y perspectivas; promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, con la visualización, conceptualización e integración de datos dispares y resolución de patrones dentro de los datos. Por último, permiten la investigación y publicación de material científico (National Science Foundation, 1998).

En el ámbito académico, las investigaciones en ciencias pueden derivarse de los propios cuestionamientos de los estudiantes y de esa forma proporcionar contextos motivadores para la adquisición de habilidades de investigación y comprensión científica.

Las cuestiones de investigación en el uso de las tecnologías educativas aplicadas a la enseñanza de las ciencias se dividen en tres grandes áreas. En primer lugar se sitúan los estudios de comparación que buscan responder a la cuestión de si el uso de la tecnología instructiva proporciona un aprendizaje más eficaz que un aprendizaje sin la utilización de esta misma tecnología (Berger, Lu, Belzer, & Voss, 1994).

En este primer campo, si la eficiencia de aprendizaje se define como la capacidad de aprender más en menor tiempo, los estudios empíricos demuestran tendencias confusas. Si por otro lado, la eficiencia de aprendizaje se define como la proporción entre la cantidad de aprendizaje lograda en determinado tiempo, los resultados son claros al indicar que el ordenador ayuda a aprender lo mismo en un menor tiempo. Es decir, aprender más en el mismo tiempo. En todos los casos, la tecnología educativa demuestra ser eficaz para todas las edades, al generar actitudes positivas hacia los ordenadores, hacia los temas tratados y a sí mismo, aunque se recomienda más como suplemento que como sustitución efectiva de la instrucción.

La segunda línea de investigación se centra en los nuevos usos de la tecnología, lo que implica imposibilidad de comparación, debido a la inexistencia de equivalentes para estos recursos tecnológicos. La pregunta fundamental aquí es si los medios influyen el aprendizaje de los estudiantes o simplemente influyen el modo en el que se realiza el aprendizaje.

En último lugar, las investigaciones bajo realización deben apuntar los cambios en la dirección de la investigación en educación de las ciencias y se pregunta cuáles son las líneas de investigación que indican un cambio de paradigma en el uso de la tecnología en educación.

Desde la perspectiva de la teoría de la educación, los ordenadores permiten que los individuos operen en un nivel en el cual trasciende su propio sistema cognitivo. El trabajo en colaboración con tecnologías inteligentes, que se encargan de una buena parte de la carga cognitiva, permite alcanzar mejores resultados que la ausencia de la tecnología¹¹. El efecto de la tecnología es un residuo cognitivo, que dota a las personas de estrategias y habilidades que reorganizan e incrementan su desempeño, igualmente en ausencia de la tecnología en cuestión (Salomon, Perkins & Globerson, 1992).

Un ejemplo de esta capacidad se da en el procesamiento de textos a través de ordenadores, que ha cambiado la forma de escribir de las personas. En el procesador electrónico, la secuencia se puede hacer más tarde, existe la libertad de reorganizar y de cambiar sentencias o

¹¹ En este sentido, la teoría socio-cultural del aprendizaje adquiere importancia en la educación mediada tecnológicamente, en la medida en que los espacios virtuales de aprendizaje pueden proporcionar situaciones de estímulo de la Zona de Desarrollo Próximo, con la potenciación de una nueva forma de comprensión de la interacción entre los alumnos basadas en sus múltiples posibilidades de interacción y comunicación (Suárez Guerrero, 2003).

párrafos enteros y se abre la posibilidad de registrar el pensamiento a medida que este surge, con el abandono de una linealidad y de la planificación minuciosa que los medios de registro permanentes requieran (Heim, 1993).

En este sentido, surge la concepción del ordenador como una herramienta de manipulación de símbolos, que potenciaría los procesos de pensamiento a nivel del lenguaje:

Como los microscopios, los ordenadores amplían nuestra visión extensamente, pero al contrario de los microscopios, los ordenadores procesan nuestra vida simbólica entera, reflejando el contenido de psique humana (...) El ordenador tiene implicaciones epistemológicas. Afecta a la manera en que representamos lo que sabemos. El conocimiento llega de forma diferente, de manera que absorber y pensar acerca de la información cambian. Por una cosa, el ordenador inserta un fragmento de conocimiento en una red de información que incluye a todo más que se sabe. El conocimiento entonces gira en un lazo informacional (Heim, 1993).

De manera general, se postulan siete principios para mejorar la práctica de la enseñanza, entre ellos, incentivar interacción entre alumnos y profesores (principio 1), incentivar la cooperación entre estudiantes (principio 2), incentivar el aprendizaje activo y la construcción del conocimiento de los estudiantes más que recibir informaciones, (principio 3), proporcionar una respuesta instantánea sobre el aprendizaje (principio 4), incentivar la gestión eficaz del tiempo, dedicando más tiempo a aquellas tareas fundamentales para el aprendizaje (principio 5), comunicar las expectativas en relación a los trabajos desarrollados por los alumnos (principio 6) y acomodar diversos talentos y estilos de aprendizaje (principio 7) (Chickering & Glamson, 1996).

La aplicación de la tecnología para alcanzar estos objetivos se puede materializar a través de herramientas de comunicación, herramientas de investigación y cómputo e “instructores” electrónicos interactivos (Foerstch, 2000). En cuanto a los principios mencionados anteriormente, se encuentran la construcción activa del conocimiento a través de la manipulación y exploración de datos (principio 3), la respuesta instantánea (principio 4), la utilización de los mismos procesos realizados por científicos de estas herramientas, comunicando a los estudiantes altas expectativas en relación con el desarrollo de sus actividades (principio 6).

Además, la interactividad, la capacidad de conexión a Internet y el poder computacional permiten mayor eficiencia en la recolecta y el análisis de datos (principio 5). El contexto de la clase se puede incluir en la aplicación, con el trabajo colaborativo en grupos con la orientación cercana de un profesor (principios 1 y 2).

Retomando los principios de la solicitada reforma en la enseñanza de ciencias, conviene recordar también que ésta debe “proporcionar oportunidades para explorar el mundo, aplicar principios científicos, evaluar y analizar datos y hacer conexiones entre estas exploraciones, sus vidas personales, sus comunidades y otras partes del currículo” (Dede & Ruess, 2000). Vinculados a estos objetivos se encuentran el reconocimiento de la importancia de

la ciencia, la resolución de problemas de la vida cotidiana a través del método científico, el desarrollo del pensamiento crítico y la consideración de las conexiones entre ciencia, tecnología, historia y sociedad. Como se verá a continuación, estos múltiples objetivos, con la existencia de distintas estrategias y métodos de enseñanza, pueden integrarse a través de entornos virtuales de aprendizaje.

En este tipo de actividad es necesario contemplar la posibilidad de elegir objetos de estudio, de forma análoga a los científicos según criterios de curiosidad y motivación, pero dentro de un área definida, para que se puedan compartir los resultados. Así los alumnos pueden reclamar autoría sobre su propio objeto de estudio, a la vez que tener una base de comparación común (Berenfeld, 1996).

Schaller y colaboradores (2001) describen una tipología de experiencias educativas. Las **experiencias cognitivas** son aquellas en las que el aprendiz debe adquirir y asimilar conocimiento nuevo según esquemas existentes, con la aplicación de conocimiento existente, la conexión de conceptos y la realización de analogías. Las **experiencias afectivas** se utilizan para desafiar creencias y valores, apreciar puntos de vista de otras personas, inspirar interés y sobrecoger, con el fin de asociar la curiosidad y el pensamiento con experiencias agradables. Las **experiencias sociales** tienen como objetivo desarrollar habilidades de cooperación y comunicación. Las experiencias que buscan el **desarrollo de habilidades** –tanto físicas como mentales– buscan fomentar las capacidades de predicción, deducción, resolución de problemas, investigación, observación, medición, clasificación, prueba de teorías, de contar historias y de toma de decisiones y de habilidades manuales. Las **experiencias personales** tienen como objetivo el aumento de la auto-confianza y de la auto-eficacia, estimulando la motivación para investigar más.

En el aprendizaje activo los aprendices novatos necesitan estructuración y guía para hacer uso del programa. En este sentido, la libertad excesiva proporcionada por los sistemas multimedia puede representar una barrera, pues se trata de un medio controlado por el usuario, pero el usuario no sabe lo suficiente como para tener el control absoluto de la aplicación. Aquellos profesores dotados de suficiente tiempo, habilidad y motivación pueden ayudar a superar estas dificultades, al proporcionar la guía necesaria para que se haga uso de la experiencia proporcionada por el multimedia. Sin embargo, esto no es el caso de las actividades educativas en la Web, aunque las experiencias deban ser auto-contenidas, suficientemente atractivas y con objetivos educativos definidos.

Como se ha considerado anteriormente, el potencial distintivo de los museos virtuales en su misión educativa reside en la capacidad de integrar distintos estilos de aprendizaje. En este sentido, distintas teorías sobre el aprendizaje pueden funcionar como guías para el diseño de los módulos educativos de los museos virtuales.

Según la teoría de las múltiples inteligencias de Gardner (1983), los individuos poseen distintas representaciones mentales y lenguajes intelectuales, además de que se distinguen por la forma como estas fuerzas se configuran en su interior, así como el potencial de modificación de estas representaciones. Gardner reconoce por lo menos siete tipos discretos de inteligencia, que constituyen el modo en el que un individuo manipula y retiene la información y demuestra su comprensión a otras personas y a sí mismo.

La inteligencia **lógico-matemática** consiste en la habilidad de detectar patrones, razonar deductivamente y pensar lógicamente. Está asociada con el pensamiento matemático y científico. La inteligencia **lingüística** involucra el dominio del lenguaje, incluyendo la habilidad de manipular de forma eficaz el lenguaje con objetivos retóricos, poéticos o como forma de almacenar información. La inteligencia **espacial** se relaciona con la habilidad de manipular y crear imágenes mentales con el objetivo de solucionar problemas. La inteligencia **musical** abarca la capacidad de reconocer y componer tonos y ritmos musicales. La inteligencia **corporal-cinestésica** involucra la habilidad de coordinación de los movimientos corporales, relacionando la actividad física y mental. Las inteligencias **personales** se dividen en la interpersonal, incluyendo los sentimientos y motivaciones de uno mismo, y la intrapersonal, con la capacidad de comprender motivaciones y sentimientos de otras personas. Aunque se encuentren separadas, debido a su asociación cercana en gran parte de las culturas, generalmente se vinculan una a la otra.

Aunque estas inteligencias sean distintas y están separadas, se concibe que raramente operan de forma independiente; por el contrario, se complementan una a las otras en la medida que los individuos resuelven problemas o desarrollan habilidades. Por otro lado, también se configuran distintos tipos de aprendizaje, por ejemplo el aprendizaje basado en la inteligencia visual, según estas inteligencias, se encuentra distribuida en cada individuo y configura las fortalezas y debilidades intelectuales de cada uno.

La teoría del aprendizaje experimental de Kolb (1984) enfatiza la importancia de la experiencia en el proceso de aprendizaje, identifica dos grandes dimensiones del aprendizaje, la percepción y el procesamiento. Cada una de estas dimensiones se posiciona según dos extremos. El eje de la percepción varía desde la experiencia concreta (la realización de experiencias particulares y no sistemáticas) hacia la conceptualización abstracta (el análisis lógico y la planificación sistemática). El procesamiento varía desde la observación reflexiva (sin la realización de acciones) a la experimentación activa (en la cual interviene la experiencia directa).

La combinación de los ejes de percepción y procesamiento generan cuatro estilos de aprendizaje distintos. El estilo **acomodador**, fruto de la experimentación activa y de la experiencia concreta, abarca a aprendices que aprenden de experiencias “*hands-on*”, planifican y prueban experiencias desafiantes y actúan basándose en la intuición más que en el análisis lógico.

En el aprendizaje prefieren trabajo en grupo para cumplir tareas y establecer objetivos y prueba de distintos acercamientos a un mismo proyecto.

El estilo **divergente**, con la conjunción de la observación reflexiva y de la experiencia concreta, acomoda a la observación reflexiva más que experiencias concretas y los aprendices ven situaciones a partir de múltiples puntos de vista, observan, más que realizan acciones y generando una amplia gama de ideas. También disponen de intereses culturales amplios, de habilidad imaginativa y de sensibilidad hacia los sentimientos. En el aprendizaje prefieren trabajo en grupos, escuchar con una mente abierta y recibir *feedback* personalizado.

Los aprendices dotados de estilo **convergente**, la intersección de la conceptualización abstracta y de la experimentación activa, prefieren la experimentación activa, más que la conceptualización abstracta, encontrando usos prácticos para ideas y teorías, solucionando problemas y tomando decisiones basado en la soluciones de cuestiones y problemas anteriores. Prefieren tareas técnicas a problemas sociales o interpersonales, y en el aprendizaje, la experimentación con nuevas ideas, las simulaciones y las aplicaciones prácticas.

Por último, en el estilo **asimilador**, en el cuadrante de la observación reflexiva y la conceptualización abstracta, el aprendiz puede entender una amplia gama de información y situarla de forma concisa y lógica, estando menos centrado en las personas, que en las ideas y los conceptos abstractos. La valoración de la teoría se da por su solidez lógica más que por su valor práctico y en el aprendizaje prefiere las charlas, las lecturas y la exploración de modelos analíticos.

Pero la teoría de Kolb es insuficiente para proporcionar una guía de aplicación práctica a una actividad única que pueda acomodar distintos estilos de aprendizaje. En este sentido, asociada a la teoría de múltiples inteligencias de Gardner, el concepto de “punto de entrada” proporciona múltiples estímulos para un estilo u otro de aprendizaje. Los puntos de entrada pueden ser el narrativo, donde el aprendiz responde a una historia; numérico, con la respuesta a números estadísticas y modelos matemáticos; lógico, con el estímulo a proposiciones lógicas, silogismos y relaciones de causa-efecto; existencial, relacionado a las “grandes” cuestiones acerca de la vida, de la muerte y del lugar de uno en el mundo; estético, vinculado a las cualidades superficiales del arte y de la música; experimental, con la exploración directa, y la participación en experiencias creativas e inmersivas y por último, interpersonal, con estímulo por la interacción social a través del debate y la colaboración.

En relación con los estilos de aprendizaje, aplicados a la Web, varios tipos de actividad son posibles. En el juego creativo, el aprendiz debe dibujar, escribir una historia o hacer una película, en la suma crear “algo” original, basado en lo que aprendió anteriormente. La visita guiada permite al aprendiz reunirse con un experto para explorar determinado tópico, y el experto le guía a través del tema. La referencia interactiva permite la exploración de un tema de manera autónoma, con la presentación de textos e imágenes informativas, mientras que el

aprendiz elige los enlaces a seguir, según su interés. Los misterios/ *puzzles* interactivos implican la solución de un misterio, requiriendo la colecta y organización de huellas para encontrar la solución. En las historia de rol el aprendiz elige una aventura, asumiendo un personaje y tomando decisiones para determinar su camino a través de la historia. Por último, la simulación implica un modelo del mundo real, donde la elección de alternativas determina los resultados.

Particularmente en los entornos orientados a objetivos, la experiencia afectiva es bastante fuerte, pues los objetivos no son arbitrarios ni extrínsecos –como por ejemplo calificaciones, premios o recompensas– sino que derivan de la propia actividad–solucionar un crimen, llegar a un destino, crear una obra de arte– reforzando los logros cognitivos. Surgen, por lo tanto, como entornos para hacer y pensar, proporcionando la motivación, el sentido de realización y el enfoque puesto en las habilidades, más que en la transmisión de hechos.

Un estudio realizado por el grupo de Schaller (2001) ha detectado diferencias significativas entre los tipos de actividad preferidos por adultos y niños. Los adultos prefieren la referencia interactiva y la simulación, con el enfoque centrado en la información cognitiva y en la motivación intrínseca, pues los aprendices adultos saben qué quieren aprender y lo hacen de la forma más directa. Los niños prefieren las historias de rol y el juego creativo, debido a sus componentes afectivos, aunque también necesitan ser motivados. En la práctica, estas diferencias implican decisiones de diseño, en la medida en que se relacionan con la determinación de la audiencia primaria (adultos o niños), del abordaje pedagógico utilizado, de la consideración del conocimiento previo de la audiencia y de la determinación de los objetivos de aprendizaje.

Los antecedentes de los entornos virtuales de aprendizaje son los micromundos, que se definen como:

Laboratorios computacionales que simulan fenómenos del mundo real que varían en complejidad dependiendo del número de variables y la extensión de la interacción entre variables. Tales entornos generalmente permiten a los estudiantes descubrir principios por su propia cuenta; el conocimiento de un instructor puede ser necesario para facilitar el aprendizaje productivo y significativo. De los estudiantes se espera generalmente que hagan preguntas, interpreten resultados, y saquen conclusiones propias, con tutoría limitada por parte del entorno del micromundo (Berger *et al.*, 1994).

Dentro del escenario de los procesos de aprendizaje en espacios virtuales, los llamados *Multi-User Virtual Environments* - MUVE (entornos virtuales multiusuario) permiten el acceso simultáneo de varios participantes a entornos virtuales diseñados para el aprendizaje, donde pueden interactuar con artefactos digitales, ser representados por avatares, comunicarse con otros participantes y con agentes de *software* y trabajar colectivamente. Su potencial para la enseñanza de ciencias deriva de su utilización como medio educativo, a través de exposiciones y

experimentos interactivos virtuales y como forma de colaboración entre la escuela y los museos científicos, y de integrar los principios educativos expuestos anteriormente¹².

La investigación acerca de este tipo de entornos investiga la manera en la que afectan la motivación, cuál es la influencia de las características individuales de los aprendices (según la experiencia anterior con ordenadores, los niveles de conocimiento previo e interés en ciencias, el género y la raza) y también su impacto en el desarrollo del conocimiento científico y en las funciones mentales superiores (Dede & Ruess, 2000).

Cabe aquí una consideración sobre el papel de la imagen, sin duda el principal componente de los entornos virtuales, en la ciencia. En este sentido, las imágenes subyacen en la producción del conocimiento científico, pues al explicar procesos científicos, ayudan a comprender y avanzar las ciencias. Constituyen, además, herramientas de trabajo cuyo desarrollo avanza junto al progreso científico mismo; desde el telescopio y el microscopio, hasta lo más modernos aparatos de visualización que se utilizan en la observación de los fenómenos naturales. Como en estos aparatos la imagen es el último producto de la experimentación, se convierte ella misma en prueba científica (Caro, 1997a).

La imagen como componente de la cultura asume dos tendencias. La primera equivale a la “imagen escena” de Gubern (*ver 1.3.1.1.*); es la reproducción fiel, intentando la reproducción exacta del mundo, y sirve de apoyo a la memoria, tomando la forma del dibujo naturalista, fotografía, vídeo y cine. La otra forma busca la reproducción simbólica, según una naturaleza conceptual, utilizándose en la representación de esquemas abstractos, como recurso para el imaginario y la mecánica del pensamiento.

Por otro lado, es necesario hacer una distinción entre las imágenes de la ciencia, pues en la ciencia moderna surge una ambigüedad entre lo que se ha obtenido de fuentes reales y lo que se ha inventado, entre lo que es observación directa de la naturaleza y grafismos utilizados para apoyar ideas:

Los científicos explotan frecuentemente esta ambigüedad que consiste en hacer creer que una imagen concebida a partir de un modelo es el reflejo de una medida, cuando en realidad sólo es el producto de una simulación por ordenador (Caro, 1997a).

Si en la comunicación pública de la ciencia se recomendaría la utilización de las imágenes del imaginario popular, con la dotación de una carga emocional y de una configuración novelesca relacionada con mitos clásicos, héroes épicos, amenazas catastróficas (además de una

¹² Por otro lado, también se pueden aplicar a la formación y capacitación de los profesionales relacionados con la enseñanza informal. En este sentido destaca un MUVE basado en texto para el desarrollo profesional de profesores denominado *Tapped In* (Schlager, 1997).

atracción estética relacionada a la virtud de explicar el mundo percibido como algo mágico), en la educación de ciencias, la imagen buscaría objetivos cognitivos.

Así, la imagen científica se puede utilizar en situaciones donde las cuestiones de escala hacen difícil la comprensión, o cuando el cuadro cognitivo exige transformaciones de la imagen, por ejemplo la transformación de tamaño o la transformación de velocidad, auxiliando en la creación de modelos cognitivos (Gregory & Miller, 1998).

Mientras tanto, estos entornos poseen cinco características que los distinguen de las metodologías de educación a distancia más tradicionales como el audio y el video bidireccional: la comunicación muchos-a-muchos y el aprendizaje colaborativo, la independencia de la ubicación física o lugar, la flexibilidad temporal, la comunicación basada en textos y gráficos y la interacción mediada por ordenador. A estas características se suman otras como el aprendizaje individualizado, el seguimiento de progreso individualizado, y otras, comunes a los entornos virtuales, como la independencia en relación al espacio al tiempo con la existencia de una diversidad cultural mayor (Hoptman, 1992).

De forma relacionada y partiendo de la premisa de que los museos virtuales disponen de oportunidades limitadas de interactividad, el grupo de Wazlavick (2000) propone el desarrollo de una herramienta de autoría para la construcción de realidad virtual no inmersiva de forma colaborativa. Este proyecto se sitúa dentro del campo de los *Collaborative Virtual Environments* - CVE (entornos de colaboración virtual), posibilitando a estudiantes dispersos geográficamente construir un museo sobre determinado tema¹³. El acercamiento cognitivo parte del presupuesto de que las interacciones de aprendizaje y colaboración autónoma entre los estudiantes llevarán a una sistematización del conocimiento y a la formación de aprendices creativos, autónomos y responsables que participen de forma activa en la construcción de su propio conocimiento.

La interactividad en entornos virtuales sigue una tipología, según la naturaleza de los elementos proporcionados por la aplicación. Los sistemas de navegación permiten que el usuario visualice el entorno desde distintos puntos de vista y se mueva a través de él. En los objetos reactivos sencillos, el objeto produce una respuesta, aunque se trate de la misma reacción en el mismo contexto, al ser activado por el usuario. Los objetos reactivos complejos proporcionan respuestas distintas según el comando dado, permitiendo un determinado número de combinaciones para la exploración. En la práctica, entretanto, los estudiantes pueden utilizar estrategias de prueba-error y por eso también son limitados desde el punto de vista pedagógico. Los objetos sensoriales, a su vez, reaccionan al usuario pero también a otros objetos, produciendo situaciones interactivas más complejas. Los objetos proactivos siguen su propia

¹³ Un aspecto deseado en el desarrollo de este tipo de aplicación es que el producto sea multilingüe; en este sentido, toda la información relativa a las interacciones del usuario se puede mantener en diccionarios, independientes de la aplicación, de forma que su traducción sea posible (Wazlavick *et al.*, 2000).

agenda, accionando eventos sin la petición del usuario, y pueden ser utilizados en la creación de sistemas de tutoría inteligentes. Por fin, los “*chatbots*” son capaces de hablar en lenguaje (casi) natural, con la quiebra del paradigma de navegación e incentivando a que los estudiante adopten un papel proactivo en el aprendizaje. Los “*chatbots*” pueden ser antropomórficos y reactivos, en otras palabras, capaces de sentir el entorno y reaccionar según las acciones del usuario. Además, pueden aprender durante este proceso y generalizar el conocimiento para una aplicación futura. Por último, proporciona huellas para que el estudiante se haga preguntas significativas.

Las acciones posibles para el usuario son, además de la navegación, transportar objetos, definir los atributos iniciales de los objetos y los atributos globales del experimento e iniciar, parar o pausar un experimento.

En comparación con el término genérico “entorno virtual de aprendizaje”, los entornos en tres dimensiones (3D) se caracterizan por la modelación en geometría según tres dimensiones, las coordenadas “x”, “y”, “z” que describen la forma y la posición de un objeto en el espacio. La visión del usuario es generada de forma dinámica, de acuerdo con su posición actual; mientras el usuario se mueve en el espacio, la visión resultante es actualizada según este movimiento. La categoría “*desktop*” de entornos 3D utilizando tecnología común pueden ser más fáciles de utilizar debido a la familiaridad y no someten al usuario al estrés físico asociado con los ambientes inmersivos (Dalgarno, 2002).

Los entornos 3D se relacionan con el desarrollo de la aptitud visual-espacial, la habilidad de formar y controlar una imagen mental. La comprensión visual-espacial es la habilidad de yuxtaponer, manipular y orientar un objeto mentalmente y crear estructuras mentales a partir de orientaciones escritas o verbales. Ambas, la aptitud y la comprensión, se relacionan con el dominio de varias ciencias. En cuanto a los estilos de aprendizaje, los aprendices visuales pueden no apreciar los métodos tradicionales, demasiado verbales, deductivos y pasivos.

Trindade, Fiolhais y Almeida (2002) proponen un programa de realidad virtual con el objetivo de investigar la relación entre habilidad visual-espacial y la comprensión de conceptos científicos. Una de las justificaciones de la iniciativa es que así como la cognición visual-espacial es importante para la realización de ciencia profesional, también debería serlo en la enseñanza de las ciencias. Particularmente en la enseñanza de química y física, se identifican problemas a la hora de relacionar observaciones macroscópicas con el comportamiento molecular y atómico subyacente y con la visualización de entidades invisibles. Los alumnos también muestran dificultad en rotar mentalmente modelos 3D, en la percepción de profundidad y con el sentido de perspectiva. En conjunto, estas dificultades sitúan a los estudiantes que no son aprendices visuales en desventaja.

La inmersión en entornos virtuales 3D facilita la formación de modelos conceptuales, ya que los conceptos intangibles en el mundo real se pueden representar de forma visible y

manipulable. Además, la interacción implica una transformación de actitudes, desde la pasividad hasta el pensamiento activo, la implicación y el control sobre la aplicación proporcionan el aspecto afectivo, motivador (Trindade *et al.*, 2002). Otro argumento en pro de la inmersión total es que aísla a los aprendices de posibles distracciones, además de proporcionar una experiencia multisensorial, proporcionando huellas visuales, auditivas y hápticas simultáneamente (Trindade & Fiolhais, 2000)

En otro nivel más de la información visual, la respuesta de fuerza, en interfaces hápticas, puede ser una forma de implicación con ideas científicas y símbolos matemáticos. Sus áreas de aplicación son la geometría, la mecánica, el estudio de las combinaciones químicas y de la gravedad (Pea *et al.*, 1999).

Al mismo tiempo, partiendo del principio de que el aprendizaje es efectivo a largo plazo cuando el conocimiento adquirido puede aplicarse a nuevos contextos, los entornos virtuales pueden establecer las condiciones para la “cognición situada”.

Aunque algunos problemas se basan en los mismos principios matemáticos enseñados en la escuela, es decir, similares en el nivel abstracto, las características superficiales pueden ser bastante diferentes. El “problema de transferencia” puede tener como solución la reducción de la distancia cognitiva, al hacer los problemas de estudio y las situaciones de aprendizaje lo más similares posible. Así, en el mundo empresarial, se exige una labor –individual o en equipo– en la cual se la información debe ser colectada, organizada y analizada con la ayuda del ordenador, y los resultados presentados o comunicados de modo que sean comprensibles. La actuación en la clase debería ser similar a estos requisitos, con toda información disponible y su utilización aplicada a la solución de problemas no siempre estrechamente definidos y que pueden tener más de una solución posible (Foerstch, 2000).

La capacitación de los aprendices de una forma variada y de final abierto los forzará a ser más flexibles, afrontando distintos tipos de problemas, dotándoles de práctica en la adaptación de técnicas para que se adecuen al contexto y con herramientas disponibles. A la vez, desarrollar el pensamiento creativo, reflexivo, intuitivo y adaptativo, donde los humanos demuestran más potencial que las máquinas, además de habilidades de pensamiento crítico (Foerstch, 2000).

En el ámbito pedagógico, este tipo de acercamiento se puede denominar “centrado en el aprendiz”, para el diseño y evaluación de aplicaciones tecnológicas. Este tipo especial de diseño, centrado en el usuario, utiliza la evaluación interactiva para guiar y refinar el desarrollo de herramientas de aprendizaje.

El aprendizaje activo –con el alumno interactuando con una gran variedad de recursos, con la mezcla de experimentación y de tutoría por expertos, complementados a través

de la interacción social con otros aprendices en el proceso de construcción del conocimiento—busca sobre todo la práctica científica en un contexto social (Edelson, Pea, & Gomez, 1996).

Sin embargo, algunos aspectos del control del aprendiz pueden resultar ineficaces para la mejoría de la instrucción, incluso perjudiciales. Por ejemplo, permitir que los estudiantes seleccionen el nivel de dificultad o seleccionar el método de instrucción puede resultar contraproducente.

Rescatando los distintos acercamientos a la teoría constructivista de (Moshman (1982) (*ver 4.1.1.1*), en el constructivismo endógeno, con énfasis en el descubrimiento del conocimiento a través de la interacción, los entornos en 3D pueden ser aplicados a la construcción de simulaciones, sean del mundo observable o de conceptos abstractos. A través de un contexto realista, donde el aprendiz puede explorar y experimentar, el objetivo es la construcción de un modelo mental del entorno. La interactividad inherente a este tipo de entorno permite que se visualicen los resultados de forma inmediata en la media en que crean modelos o experimentan sus propias teorías.

En el constructivismo exógeno, con énfasis en el papel de la instrucción directa y de la realización de actividades, la diferencia en relación con el punto anterior se sitúa en el hecho de que los recursos convencionales de aprendizaje se dotan de mayor nivel de control por parte del sistema sobre la selección y secuencia de actividades. Así, un conjunto de materiales instructivos puede contener un número de modelos en 3D de objetos, disponibles para el aprendiz a medida que hace su camino a través de los recursos. El entorno en 3D, como interfaz para recursos instructivos —que pueden incluir texto, gráficos, audio y vídeo— proporciona un mayor nivel de realismo visual e interactividad consistente con el mundo real. En este sentido, las ideas aprendidas en este entorno serán más fácilmente recordadas, según la teoría de la cognición situada, que dice que el conocimiento está vinculado a la experiencia (Brown *et al.*, 1989).

Como ejemplo de herramientas cognitivas exógenas podemos mencionar a las herramientas para la realización de gráficos y para trazar mapas conceptos, que también pueden disponer de versiones en 3D. Pero estas versiones son aplicables sólo si los conceptos son más fácilmente comprendidos a través de un modelo mental en 3D o si los datos a visualizar poseen 3 componentes, y no como recurso estético.

Por último, el constructivismo dialéctico, que pone el énfasis en actividades auténticas y en el “andamiaje” de los instructores, en el proceso social y en el aprendizaje en grupo, se materializa a través de aplicaciones *Computer Supported Collaborative Learning* - CACL (aprendizaje colaborativo soportado por ordenador). Estas aplicaciones permiten la comunicación entre los integrantes y el trabajo colaborativo en grupo. En los entornos multiusuario en 3D, la comunicación puede ser más relevante, debido a un “sentido de lugar”, y como consecuencia una mayor unión entre el grupo en comparación con entornos textuales. En

cuanto al “andamiaje” se puede realizar a través de una ayuda del sistema, activada por el aprendiz, dentro del contexto de la tarea o por agentes inteligentes y a través de herramientas de soporte como calculadoras, herramientas gráficas y traductores de idiomas (Dalgarno, 2002).

Cabe destacar que el concepto de “andamiaje”, en los entornos interactivos se relaciona con la teoría de la Zona de Desarrollo Próximo de Vygotsky, como forma de permitir a los participantes de las acciones interactivas participar en discursos más complejos de lo que podrían hacer de forma individual (Roschelle, 1995).

Sin embargo, los estudiantes también pueden tener dificultades al adaptarse a un nuevo entorno, distante de la concepción tradicional de clase. En este sentido, deben “aprender a aprender” según una estrategia constructivista, de la misma forma que los profesores deben reciclar su pedagogía. (Lorsbach & Tobin, 1996). Además, se observan actitudes en los profesores contrarias a los principios del aprendizaje centrado en el estudiante, como por ejemplo concebir experimentos como demostraciones más que como investigaciones o asumir que todo trabajo intelectual es un trabajo individual (Pozo & Gómez Crespo, 1998)

También cabe hacer una distinción entre lo que son las demostraciones, que tienen como objetivo la ilustración de conceptos, los elementos de evaluación, como pueden ser los tests de múltiple elección, aleatorios o adaptativos y la experimentación propiamente dicha, con la manipulación de parámetros y la visualización interactiva por parte del usuario.

Las tutoriales animados o demostraciones se pueden utilizar para la presentación de aquellos conceptos que involucran procesos, el movimiento de sustancias o la interacción en el espacio y tiempo, en suma, conceptos dinámicos. La animación se puede controlarse por el usuario, con la posibilidad de cambiar la velocidad o de ir hacia atrás o hacia delante. Previamente a su existencia, existía la necesidad de una traslación mental, desde los diagramas estáticos hacia sistemas dinámicos. Así, el tutorial dinámico disminuye la carga cognitiva normalmente requerida (Berger *et al.*, 1994).

La ejercitación suele ser aplicada para recordar hechos y en procesos de pensamiento de bajo nivel. Otros ejemplos más sofisticados exigen la aplicación de conceptos al análisis y síntesis de información, requiriendo la manipulación y la transformación de esta antes de que pueda ser encontrada una solución.

La simulación se aplica a “cualesquier dominios del conocimiento donde se espera que el aprendiz desarrolle una comprensión de entidades exhibiendo comportamientos dinámicos que pueden ser adecuados para simulaciones con mayor nivel de interactividad”. Por otro lado, la simulación también surge como recurso para la práctica de habilidades, especialmente en los casos en que estas habilidades son caras o peligrosas en el mundo real –por ejemplo plantas nucleares o el entrenamiento de astronautas– en la exploración de lugares que no pueden ser visitados o lugares históricos y de entornos microscópicos, como por ejemplo, estructuras

moleculares. En algunos dominios del conocimiento, los conceptos son abstractos y no corresponden directamente a objetos materiales, es decir, que no están a disposición de los sentidos y la formación de un modelo mental 3D mejorará la comprensión, por ejemplo de los conceptos de justicia o de geometría (Dalgarno, 2002).

De la revisión de la literatura, se concluye que las simulaciones pueden ser más eficaces que otro tipo de aprendizaje con el ordenador. El aprendizaje a través de simulaciones es por lo general más rápido que en la instrucción tradicional y las simulaciones pueden ser más eficaces para la mejora de la instrucción tradicional. Las razones de esta eficacia se justifican por el cambio conceptual logrado a través de la demanda a los estudiantes de explicitar sus suposiciones o razonamiento implícito. Además puede proporcionar representaciones pictóricas de fenómenos físicos que los estudiantes pueden utilizar como analogías a la hora de incorporar conceptos y proporcionar análisis gráficos para ilustrar la interrelación de variables en un experimento (Gaddis, 2000).

Otros beneficios identificados de las simulaciones por ordenador son el reemplazo de experimentos demasiado cortos o demasiado largos para realizarse en laboratorios; la reducción del ruido cognitivo para que los estudiantes puedan concentrarse en los conceptos fundamentales, de la misma forma que la reducción del realismo permitiría la destilación de los conceptos abstractos en sus componentes más importantes (Bowen, 1997). La reducción de la ambigüedad y le ayude en la identificación de relaciones de causa y efecto en sistemas complejos (Clariana, 1989); la preparación pre-laboratorio como medio de ayuda en la comprensión del funcionamiento del laboratorio real y el auxilio en la comprensión del mundo natural a través de la observación e interacción con modelos científicos subyacentes que no se infieren fácilmente de la observación directa (Lunetta & Hofstein, 1981).

Así, las simulaciones, debido a sus características de la utilización de multimedia, de respuesta instantánea al usuario, de interactividad y de animación ofrecen beneficios cognitivos a los aprendices, debido a la implicación de más sentidos en el proceso de aprendizaje, a la reducción de la carga de manipulación mental, tareas cognitivas relacionadas con procesos o con visualizaciones de estructuras en tres dimensiones y a la reducción del ruido, según varias teorías propuestas para el aprendizaje multimedia (Gaddis, 2000).

Standen (1996), por otro lado, examina el valor educativo del realismo, abogando que no siempre más realismo es mejor. Si por un lado el realismo se relaciona con el problema de la transferencia, que postula que la utilización de contextos del mundo real implica una mayor tasa de transferencia, el mundo real puede no representar de forma óptima a conjuntos consistentes de tareas, ni presentar una secuencia de eventos óptima para el entrenamiento y sobrecargar los recursos de atención del aprendiz, causando frustración y una disminución del rendimiento. Por

otro lado, el realismo reducido también requiere que los estudiantes imaginen, más que visualicen de forma pasiva, y por lo tanto tiene valor educativo debido a esta construcción proyectiva.

Asimismo, existe la creencia difundida de que el realismo es un valor libre de conceptos, mientras que el mundo es real y las representaciones de ordenador no lo son. También cabe resaltar que las representaciones pueden contener dimensiones y valores éticos, transmitiendo mensajes sutiles acerca de relaciones sociales, de poder y valores institucionales¹⁴.

Por otro lado, también se defiende la posibilidad de que los estudiantes exploren las premisas subyacentes y la lógica “oculta” de un modelo que puede afectar la percepción de la simulación como representación del mundo real.

La gente que entiende las distorsiones impuestas por las simulaciones se encuentra en posición para demandar más *feedback* económicos y políticos directos, nuevas formas de representación, nuevos canales de información. Puede demandar mayor transparencia en sus simulaciones, pueden demandar que los juegos que jugamos (particularmente los que utilizamos para la toma de decisiones en el mundo real hagan su modelo subyacente más accesible (Turkle, 1997a).

En otras palabras, se trata de buscar la “alfabetización” en la cultura de la simulación, de forma que las simulaciones enseñen también su naturaleza. Así como en el discurso escrito, con los hábitos desarrollados a través de siglos, se pregunta sobre la naturaleza política y social de los mensajes, la alfabetización de la simulación debe promover el mismo espíritu de interrogación.

Sin embargo, como destacan Schaller y Allison-Bunnell (2003) el análisis reflexivo del modelo, o meta-examen, es una capa adicional de complejidad y por lo tanto un objetivo educativo ambicioso, de forma que podría ser aplicada solamente en un dominio familiar o con estudiantes avanzados.

De igual forma, los entornos 3D también pueden servir como interfaz para un espacio complejo de información. Tradicionalmente el hipertexto se ha utilizado para que el aprendiz descubra la información a través de la exploración libre, frente a una secuencia preconcebida y lineal característica de los medios tradicionales. El entorno en 3D añade la provisión de una interfaz que permite la navegación fácil, mientras que mantiene el sentido de la estructura general de los recursos y de la conexión entre distintas ideas (Dalgarno, 2002).

La cuestión de la interfaz se relaciona con el hecho de que para el uso efectivo como herramienta educativa, algunos elementos deben estar presentes para que el profesor guíe a los alumnos de una forma lógica. Estos elementos se encuentran relacionados con la presentación, el

¹⁴ En el caso de las relaciones sociales en la ciencia, podría citarse el caso de la participación de la mujer en la producción del conocimiento científico. Al igual que esta participación se representa de determinada manera en los medios de comunicación, tanto generales como especializados Maciel (2002), en las simulaciones también estaría presente una determinada ideología frente a esta situación.

contenido, la estructura y los objetivos planteados, y en su conjunto deben permitir una apreciación del conjunto de la cuestión (Nix, 1999).

En particular, la exploración de la utilización de hipermedia permite el conocimiento sin que el aprendiz tenga que dejar el medio en el cual se encuentra trabajando (Marsh, 1996). En la educación de ciencias, particularmente, permite una buena integración con la educación CTS, por que dispone de enlaces laterales vinculando conceptos científicos a las cuestiones sociales correspondientes. Por otro lado, la desorientación y sobrecarga cognitiva pueden afectar el aprendizaje, reduciendo su eficacia.

Estas dificultades derivan del esfuerzo y concentración adicionales, necesarios para mantener distintas actividades y caminos de navegación de forma simultánea. Mientras que los mapas conceptuales pueden proporcionar un sentido de dirección, los filtros de información se pueden utilizar para la presentación de niveles manejables de complejidad (Berger *et al.*, 1994).

El hipertexto, por otro lado, sirve como recurso de referencia inmediata, permitiendo el acceso a conceptos ya estudiados o a prerrequisitos relacionados con determinado tópico, de una manera que no es posible en el entorno del texto escrito. Los materiales de referencia y los libros electrónicos son ejemplos de este paradigma, no proporcionando experiencias de interacción y experimentación (Avradinis *et al.*, 2000). A su vez, las visitas a otros recursos disponibles en la Web tienen el objetivo de que los alumnos puedan ampliar o contrastar la información adquirida, además de visualizar otros escenarios relacionados con el tema (Correa & Ibáñez, s.d.).

Los entornos virtuales de aprendizaje también deben soportar el aprendizaje colaborativo. Con la colaboración, el pensamiento crítico y el cuestionamiento se enfatizan cuando los estudiantes se dan cuenta que la justificación de sus ideas es crucial en la determinación de lo incierto de su posición y de si su “conocimiento” debería ser probado o modificado. Así, la naturaleza transformadora de la conversación reside en el hecho de que:

En una conversación, el acto de hablar requiere que un individuo sitúe una estructura y una coherencia sobre su comprensión que puede llevar a que este individuo reconozca brechas en esta comprensión o que forje nuevas conexiones entre conocimiento antes desconectado. La interacción entre el hablante y el oyente en una conversación amplifica este proceso en la medida en que ellos intentan conciliar diferencias en sus perspectivas, opiniones y experiencias. El resultado de estos tipos de conversaciones para los participantes pueden ser conocimiento nuevo, conocimiento reorganizado, o simplemente la conciencia de una nueva necesidad de comprensión (Edelson *et al.*, 1996).

Según este enfoque, el papel del profesor asume una nueva perspectiva, y el formador debe ser capaz de guiar los alumnos en actividades abiertas, ayudando a los estudiantes a establecer conversaciones de carácter transformador. En este nuevo rol, es necesario mantener una cultura de comunicación sobre temas de importancia en el aula, actuando a la vez como

participante y como proveedor, ofreciendo su conocimiento especializado para compartir con los estudiantes en los momentos apropiados (Jackson & Bazley, 1997).

El aprendizaje colaborativo se presenta como una estrategia de aprendizaje adecuada en la enseñanza de ciencias, en la medida en que los beneficios provienen del aumento de los recursos cognitivos disponibles y de la verbalización durante la realización del trabajo y de los efectos benéficos de la exteriorización de conflictos, donde se opera una construcción cooperativa del conocimiento. Sin embargo, el aprendizaje colaborativo no sucede de forma espontánea, y habrá que tener en consideración el contexto cultural del proceso de aprendizaje. En la literatura revisada, se ha observado que las conferencias con muchos alumnos no se pueden controlar eficazmente, que la comunicación con científicos presenta limitaciones en relación con el número de alumnos que pueden participar y que los científicos encuentran dificultades en comunicarse con una audiencia muy joven (Scanlon, 1997).

Las aplicaciones de modelización y visualización permiten una mayor comprensión de conceptos científicos y matemáticos pues proporcionan la manipulación de factores en un sistema o variables en una ecuación para visualizar cómo interactúan y se limitan una a las otras; la recolecta y análisis de cantidades masivas de datos con el objetivo de encontrar patrones y generar teorías acerca del comportamiento de sistemas; la realización de experimentos virtuales para probar teorías construidas por los usuarios; el desarrollo intuitivo de cómo las fórmulas matemáticas se aplican en el mundo real, con la disposición de un puente entre los principios abstractos representados en las ecuaciones; los efectos concretos que producen y la comprensión del comportamiento y las relaciones causales de sistemas complejos (Foerstch, 2000).

La visualización científica utiliza imágenes gráficas, colores y movimiento (este último para proporcionar la dimensión del tiempo) en la presentación de grandes cantidades de datos, de una manera que sea posible identificar patrones en el conjunto de datos a través de modelos en las imágenes. La técnica se basa en el sistema de procesamiento visual humano más que en formalismos y surge como promesa de herramienta educativa, al permitir el acceso a nuevos dominios de estudio, considerados anteriormente demasiado complejos debido a la dependencia de fórmulas y representaciones abstractas.

Por otro lado, las técnicas de visualización son cada vez más comunes en los medios de comunicación y la comprensión de la naturaleza de la visualización científica contribuye a que los ciudadanos estén más informados. La visualización surge como herramienta para el descubrimiento –utilizada por expertos conjuntamente con las teorías y la experimentación– pero también puede ser utilizada por novatos. Así, además de proporcionar herramientas poderosas para el aprendizaje activo, también permiten la preparación para los modos en que la ciencia se realiza en la actualidad (Edelson *et al.*, 1996).

Como implicación para el diseño de actividades de este tipo, en un primer modo, los conjuntos de datos geográficos humanos permiten la comprensión intuitiva de la relación entre la geografía humana y la geografía física, sirviendo como intermediario entre cuestiones más experimentales y abstractas. Por otro lado, al incentivar a los alumnos a realizar actividades expresivas, diseñando visualizaciones, la articulación de su conocimiento permite revelar deficiencias o conflictos en sus creencias. La integración de actividades interpretativas y expresivas, utilizando visualizaciones creadas por los estudiantes para la exploración de escenarios hipotéticos e interpretación de los resultados es un modo de investigación científica (Gordin & Edelson, 1996).

Las visualizaciones científicas, por lo tanto, se relacionan con la práctica actual de los científicos, convirtiéndose en “una forma legítima de participación periférica en la comunidad de práctica científica” (Edelson *et al.*, 1996). En el proyecto *Covis* (*ver próximo apartado*) se utiliza en un proceso de múltiples etapas, desde la familiarización con técnicas básicas de visualización hasta la realización de investigaciones con la utilización de estas técnicas para la solución de problemas abiertos. También se distinguen dos modos de utilización. El primero, interpretativo, supone que el usuario es un vidente que intenta extraer algún significado a partir de las visualizaciones. En el modo expresivo el usuario es un autor intentando comunicar un significado a través de la construcción de visualizaciones (Gordin & Edelson, 1996).

Desde el punto de vista del aprendizaje constructivista, la visualización científica permite que los estudiantes saquen sus propias cuestiones de investigación, que las investiguen a través de la manipulación directa de datos y creen sus propios gráficos para demostrar sus conclusiones, en otras palabras, que realicen una exploración activa y abierta. Por otro lado, las imágenes proporcionan temas de discusión para los aprendices, diálogos acerca de los significados e interpretaciones de las imágenes (Edelson *et al.*, 1996).

Este proceso es sostenido por una herramienta informática dentro del entorno virtual. El cuaderno de notas del “colaboratorio” posibilita al usuario guardar textos, tablas, gráficos, sonidos, vídeo y animación. En su uso típico; los estudiantes desarrollan una idea para una investigación, negocian los detalles con el profesor y registran sus cuestiones e hipótesis. El profesor puede leer estas anotaciones y comentarlas, mientras que los estudiantes pueden realizar individualmente actividades, registrando tanto los datos como su interpretación, para el acceso colectivo. A través de este recurso, los estudiantes pueden intercambiar cuestiones y comentarios acerca de sus hallazgos y utilizar información guardada para sacar conclusiones o iniciar otra investigación. Es por lo tanto, además de una metáfora, un “mecanismo para actividades constructivistas en un contexto social”, permitiendo el registro de actividades, la clasificación de artefactos y compartir el proceso de trabajo con otros. Su propia estructura evidencia el proceso de investigación (Edelson *et al.*, 1996). Pero además, se trataría de aprovechar el potencial único

de la red para proporcionar el componente social y participativo en el aprendizaje de ciencias, a través de la conexión de los alumnos en una comunidad de estudiantes distribuida alrededor del globo (Berenfeld, 1998).

6.4. Proyectos y acciones en curso

En este apartado describimos la aplicación de las tecnologías de información y comunicación en algunos proyectos en curso, vinculados tanto con los museos virtuales, como con la construcción de laboratorios virtuales y otros entornos informáticos dedicados a la educación de las ciencias.

Según Scanlon (1997), las características de los proyectos utilizando tecnología de información deberían evaluarse según algunos criterios. El primero se refiere a la fiabilidad del acceso a la información y la tecnología, con la determinación de la cantidad y calidad de la información disponible y la detección de problemas técnicos, como por ejemplo, el número de usuarios accediendo a un mismo recurso a la vez.

El segundo, a la escalabilidad, en el sentido de que la tecnología pueda permitir el acceso a recursos escasos en educación. Luego, se encuentra el tema de la integración curricular, donde la cuestión central es si es posible que la tecnología sea un recurso educacional eficaz, aunque para esto necesite entrenamiento en su utilización, la autoría de materiales y las consultas a las bases de datos. En cuanto a la pedagogía, se pregunta cuál es el uso apropiado de la tecnología, la posibilidad de que se apliquen estrategias de aprendizaje colaborativo y los criterios de evaluación, en función de la eficacia de los recursos utilizados.

En cuanto a la investigación académica en estos temas, se detecta la necesidad de relatos críticos que tengan en cuenta los resultados educativos, con la observación detallada del proceso de aprendizaje, y el recuento de las percepciones de los estudiantes y profesores acerca de los procesos de aprendizaje. Mientras tanto se observa la mera descripción de usos innovadores de la tecnología, con la ausencia de un análisis crítico de la eficacia (Scanlon, 1997).

Quizás el proyecto más relevante para este estudio, pues se sitúa en la intersección de los ámbitos de los museos y centros de ciencia y de los experimentos virtuales, sea *TryScience* que parte del presupuesto de que:

Colectivamente, el número y diversidad de este tipo de institución debería constituir un recurso sorprendentemente rico y variado para la enseñanza de ciencias, yendo mucho más allá de la habilidad de una única institución en servir una gran variedad de intereses y necesidades pedagógicas” (Friedman & Marshall, 2002).

Sin embargo, no existe una fuente de información central sobre qué exposiciones existen, en el ámbito global y con pocas excepciones, no hay manera de utilizar estos recursos a no ser visitando localmente cada institución. Internet, entretanto, proporciona el potencial de compartir recursos en una escala global y en este sentido el Proyecto *TryScience*, realizado por la *Association of Science and Technology Centers*, el *New York Hall of Sciences* e *IBM*, tiene como objetivo combinar contenidos provenientes del campo de museos y centros de ciencia y aumentar la percepción pública sobre los museos. La idea subyacente es la de construir sinergias, con beneficios para el público, las escuelas y los museos participantes, acercándose al concepto de metacentro (ver 5.6.1).

Entre la posibilidad de elegir de entre miles de exposiciones y actividades de los museos miembros, se han elegido aquellas más propicias para su transformación a formato Web, según los quesitos facilidad de programación y impacto en el usuario. En su conjunto, el sitio Web de *TryScience* ofrece un nivel de sofisticación que no puede ser alcanzado por instituciones individuales: se encuentra disponible en seis idiomas (con dos más previstos) y las exposiciones cuentan con diseño y programación muy avanzados.

Por otro lado, los beneficios para cada institución particular son modestos, pues el visitante es introducido en el campo de los museos de ciencia como un todo. Cada institución participante posee una página de información, con enlaces a su página oficial y en algunos casos visitas virtuales a sus instalaciones.

El *Science Museum* y el *Franklin Institute* han realizado un proyecto común denominado *Online Museum Educators* - OME (educadores de museos en línea), trabajando junto a profesores, con el objetivo de buscar una mayor participación de los alumnos en los temas de ciencia y tecnología, involucrando a ambos grupos en cuestiones de comunidad, en la discusión sobre cuestiones globales de ciencia e interactuando con científicos. El museo actúa, de esta manera, como un “corredor” entre las escuelas y sus respectivas comunidades, para que se aborden temas científicos de ámbito local.

En este panorama, los educadores pueden representar un papel de activista, con la detección de una cuestión y de su investigación para llamar la atención pública, como elementos de vinculación entre estudiantes y científicos y haciendo introducciones a estas relaciones o como consultores, posicionando a los estudiantes como expertos en determinado tópico e invitando a otros actores a que utilicen el trabajo de los estudiantes. Como productos de este proyecto se ha generado una guía para iniciar aprendizaje activo de ciencias alrededor de cuestiones de la comunidad, denominada “*Community Science Action Guide*” con el objetivo de que otros profesores puedan desarrollar proyectos similares (Bazley *et al.*, 2002).

Young, Huang y Jang (2000) describen el establecimiento de un museo de ciencia basado en la Web en Taiwán, llamado *Tsing-Hua*, cuyo objetivo principal sería utilizar las

características intrínsecas de Internet y el patrimonio cultural chino¹⁵ para generar contenidos de calidad en ciencia y tecnología en este idioma y facilitar el aprendizaje continuo por toda la vida, más allá del ámbito de la educación formal. Así, el museo constituiría la fundación sobre la cual se basarían el diseño, desarrollo y evaluación de entornos interactivos de enseñanza, además de establecer un canal que tapara la brecha existente en la información científica entre el mundo de la investigación académica y los ciudadanos de a pie.

El proyecto *Questioning, Understanding and Exploring Simulated Things* - QUEST (Questionando, Comprendiendo y Explorando Objetos Simulado) promocionado por el *Natural History Museum* de Londres, tiene como objetivos permitir al público escolar la exploración virtual de objetos, la realización de una investigación a la “manera de un experto” y el fomento de la discusión de los resultados y su interpretación. La aplicación permite facilitar información acerca de un determinado objeto, a través de varias herramientas virtuales. El acercamiento constructivista, permite que el alumno haga y comparta anotaciones personales con otros usuarios: su análisis e interpretación de las evidencias, sus estimaciones y las premisas que se ha tomado para llegar a sus conclusiones (Hawkey, 1999).

El proyecto *Digital Darwins* promocionado por el *Smithsonian Institute* es una iniciativa colaborativa para la creación de un ambiente de intercambio de conocimientos y aprendizaje basado en artefactos disponibles a través de la Web, utilizando como material didáctico representaciones tridimensionales de artefactos relacionados con la historia natural, específicamente aquellos relacionados con la evolución humana.

La premisa del proyecto es que existe una dificultad en la enseñanza de historia natural o arqueología utilizando materiales abstractos como textos, fechas o menciones a localizaciones desconocidas. Por otro lado, el museo de historia natural constituiría un recurso educacional poderoso al permitir la visualización de objetos reales y el establecimiento de conexiones con otros objetos y con los materiales de soporte. La oportunidad de interactuar, manipulando y comparando, directamente con el material amplía la capacidad de aprendizaje, pero esta posibilidad no se aplica al museo real. En la búsqueda de una experiencia “*hands on*” intuitiva, multi-sensorial e interactiva se han utilizado tecnologías de visualización conjuntamente con Internet para aumentar el interés en el aprendizaje de la historia natural en los ambientes de enseñanza formales y no formales, transformando la clase en museo. Este modelo se podría

¹⁵ De la misma forma, se nota la ausencia del idioma español en la Red, con absoluta dominancia del idioma inglés como *lingua franca*. Así el carácter global de Internet contribuiría a la homogeneización cultural, con el peligro de la eliminación de la diversidad, por un lado, y por otro debido a su carácter libre y ausente de jerarquías también podría fomentar la contestación de esta tendencia, con la fragmentación de la realidad y el multiculturalismo (ver I.3.2). De todas maneras, la limitación a un idioma constituye un obstáculo más para que muchos ciudadanos puedan navegar y encontrar contenidos de calidad en Internet, además de impedir las expresiones culturales específicas (Cebrián, 1998). En este sentido, los museos virtuales también podrían constituir una importante herramienta para promocionar la lengua española –y portuguesa– especialmente en relación con los contenidos relacionados con la ciencia y la tecnología y con la alfabetización científica.

aplicar a cualquier temática, por ejemplo artefactos arqueológicos, especímenes biológicos u objetos fabricados. El proyecto también tiene en cuenta el hecho de que en la creación de una exposición con fines educativos y para la utilización en el aula es importante que se pueda utilizar de distintas maneras, por ejemplo, en actividades de grupo lideradas por el profesor, como parte de una serie de actividades dentro de un tema central, o como material de referencia.

La iniciativa también posee un componente de investigación, al analizar las estrategias de transmisión de visualizaciones 3D a través de la red sobre todo de material con calidad de investigación, caracterizados por gran cantidad de datos y exigiendo capacidad de procesamiento, y las estrategias de visualización estereoscópica en 3D (Calvo, Rosenberger, & Hansen, 1997).

Otro proyecto en ámbito español, denominado *Hands-On Net* tiene como objetivo establecer vínculos entre los centros y museos de ciencia y las escuelas, proporcionando visitas virtuales y la exploración en 3D de exposiciones, además del desarrollo de un índice de temas curriculares. A través de la elaboración de mapas conceptuales sobre algunos de los temas tratados en el museo, se plantearían preguntas y enigmas sobre algunos de los conceptos científicos básicos y se elaborarían propuestas de actividades que los alumnos pudieran realizar en casa o en el aula, acompañada de una orientación para que puedan seguir todos los pasos (Quevedo, 2001).

El proyecto *Chicago Webdocent* ha buscado la colaboración interinstitucional, para la producción de currículos interdisciplinarios basados en Web para las escuelas públicas. De la experiencia de este proyecto derivan las conclusiones de que existe la necesidad de encontrar un equilibrio, en el desarrollo del contenido, para que los estudiantes encuentren el material lo suficientemente atractivo, al mismo tiempo que puedan aprovecharse por los profesores para la incorporación al currículo escolar. Por otro lado, los educadores de los museos desean alcanzar una audiencia amplia, pero no de manera que disminuya el impacto de sus colecciones o que haga menos probable que los visitantes virtuales lo visiten físicamente (Luarca, Rochester, & Cunningham, 2000).

Una experiencia realizada en el *Minneapolis Institute of Art* se ha centrado en retratar un proceso en desarrollo, en este caso particular, la restauración de una obra de arte, a través de dos acercamientos para la interpretación: en primer lugar a través de la identificación y explicación didáctica de las etapas involucradas en el proceso y por otro lado con la utilización de sistemas dinámicos que documentaran visualmente y generaran la información actualizada durante la duración de la exposición (Sayre *et al.*, 2000).

En cuanto a la exposición virtual asociada, esta tenía el objetivo de proporcionar una versión en línea de eventos e información para aquellos visitantes imposibilitados para visitar la exposición física, de proporcionar información ampliada sobre el tema y de documentar y

archivar el proceso para referencia posterior y en última instancia realizar su transformación en exposición permanente. Los recursos utilizados fueron un diario de seguimiento, dotado de imágenes fotográficas, notas y segmentos de vídeo bajo demanda, para retratar entrevistas con expertos y de *webcams* para transmitir información en vivo. Aunque esta experiencia se situaba en el dominio de las artes, el concepto de retratar procesos es aplicable a la ciencia y a la técnica, atendiendo a las demandas corrientes de la comunicación pública de la ciencia.

Schaller y Tower (2001) describen un programa de educación a distancia, *Bell LIVE!*, cuyos objetivos son ampliar la misión educativa del museo y alcanzar a nuevas audiencias. La iniciativa parte de la premisa de que no siempre los programas de ciencia en las escuelas presentan una ciencia relevante y significativa para la vida de los estudiantes y de que la falta de recursos para la realización de visitas escolares a los museos consigue una distribución desigual de los recursos educativos. Por último, el acceso a la investigación realizada por los científicos no se encuentra disponible para el público escolar. Utiliza transmisiones vía satélite y componentes interactivos en Internet para vincular las escuelas a las instituciones donde se realiza la investigación científica y permitir la comunicación entre estudiantes y entre estudiantes y expertos científicos. La utilización de actividades educativas, de carácter interactivo e inmersivo, como por ejemplo juegos de simulación que necesitan del alumno la exploración de un tema, la evaluación de información y la toma de decisiones para cumplir un objetivo también sirven para aumentar el nivel de visibilidad y así funcionar como herramienta de marketing, debido a su gran atractivo.

Crowley, Leinhardt y Chang (2001) proponen transformar la comunidad de investigadores en educación a través del museo virtual. Particularmente en el caso de la investigación en educación en museos se observa una producción significativa en cuanto a su número, mientras que los resultados se encuentran dispersos, y son de difícil acceso. El proyecto *Museum Learning Collaborative* (LMC), que dispone de cursos, literatura técnica comentada y herramientas de investigación para esta comunidad, pretende utilizar las nuevas tecnologías de comunicación e información para hacer disponibles una base de datos de crecimiento continuo, con el registro de la literatura relevante en el campo, comentada de forma sistemática y consistente, así como herramientas y diseños de investigación.

Las justificaciones para este tipo de iniciativa son el bajo coste y la facilidad de publicación y revisión de los materiales publicados, así como un acceso democrático a estos mismos recursos. Pese a la necesidad de una integración y síntesis cuidadosa dentro de los argumentos ya existentes y de un control de la calidad de la información, la publicación en Internet permite un enriquecimiento, en cuanto a los detalles y dimensiones de la información. En este sentido la información antes aislada se vuelve más pública y se posibilitan diferentes niveles de presentación, y consecuentemente de examen por parte del público. Por otro lado, hacer la información pública invita a que los miembros de la comunidad académica realicen

críticas y comentarios, permitiendo que los investigadores revisen y fortalezcan su producción intelectual. Por último, la información contextual sobre el proyecto, como por ejemplo los datos sobre los investigadores y los patrocinadores son aspectos de la actividad científica que tienen un papel en el diseño de la investigación, pero que no suelen incluirse en informes y publicaciones tradicionales.

Este tipo de estrategia permite acelerar el desarrollo de disciplinas emergentes, caracterizadas por una baja densidad de personas interesadas, dispersas geográficamente, y la quiebra de barreras entre comunidades, por ejemplo de investigadores y de profesionales, estudiantes y público general (Crowley *et al.*, 2001).

El proyecto LAB-VR, desarrollado por el *Science Centre Torino* tiene como objetivo, hacer asequible al gran público los sitios donde se desarrolla la investigación científica, según la premisa del nuevo modelo de comprensión pública de la ciencia que sitúa el centro de interés no tanto en los productos y resultados de la investigación, sino en de qué se trata la investigación y quienes son los científicos que la hacen. Una de las estrategias tradicionales para alcanzar estos objetivos, las jornadas de puertas abiertas, son costosas, en tiempo y recursos dedicados y además las actividades normales de investigación deben ser paralizadas.

Este proyecto sin embargo presenta a diez instituciones de investigación situados la provincia de Turín, en Italia, utilizando la tecnología *Quicktime VR* para la visita virtual a laboratorios, con la posibilidad de exploración de los instrumentos científicos y la visualización de información detallada sobre equipos y la clase de investigación realizada en el laboratorio. El proyecto sirve de recurso pedagógico o como seguimiento a una visita real, para el refuerzo de la memoria y permitir acceso a informaciones ausentes durante la visita. La propuesta también parte del supuesto de que este tipo de iniciativa se establece como un potencial para el desarrollo local. A través de la creación de un “sistema” de instituciones de investigación interconectadas de una manera organizada, en la cual se trate de retratar el potencial tecnológico de una región, y se busca atraer recursos humanos, inversiones financieras y socios de negocios (Bandelli, 2002).

Forsén (2002) describe el diseño y desarrollo de un laboratorio virtual de bioquímica, con el objetivo de enseñar la ciencia como proceso, proporcionando el aprendizaje de las bases y los métodos, técnicas e instrumentos, el desarrollo histórico de estos instrumentos y concebido según distintos grados de dificultad y edades escolares.

Un proyecto propuesto por la *NEC Foundation* tiene como objetivo mejorar las oportunidades de la educación de ciencias para personas discapacitadas físicamente. Así, en la enseñanza en ciencias, muchos conceptos importantes se adquieren a través de la experimentación y manipulación y los estudiantes con discapacidades frecuentemente son excluidos de la participación completa en las clases de ciencias, por ser incapaces de realizar las actividades necesarias de forma segura o eficaz.

En este sentido, la realidad virtual potenciaría el aprendizaje de conceptos científicos en estudiantes con discapacidades, con la representación realista de laboratorios en 3D generada por ordenador y permitiendo el “hacer”. El *Oregon Research Institute* (ORI) pretende explorar la viabilidad de la utilización de realidad virtual como herramienta instructiva, identificar los tipos de soporte y las condiciones que deben estar presentes para lograr la inclusión total de los discapacitados e identificar principios subyacentes a la utilización de la realidad virtual para proporcionar actividades modificadas que permitan una participación meticulosa de los estudiantes (NEC Foundation, 1996).

El Proyecto *Learning Through Collaborative Visualization- Covis* (aprendizaje a través de visualización colaborativa), financiado por la *National Science Foundation* de Estados Unidos, propone la utilización de redes de banda larga para la realización de colaboración síncrona y asíncrona al compartir datos “ricos”: imágenes complejas y conjuntos grandes de datos. Entre las herramientas propuestas destacan la videoconferencia “*desktop*” como instrumento de comunicación con investigadores universitarios y expertos científicos, el cuaderno de notas del laboratorio multimedia y las herramientas de visualización científica.

Otro objetivo del proyecto es explorar las tecnologías avanzadas y las estrategias pedagógicas asociadas para hacer la enseñanza de las ciencias en las escuelas algo más parecido a la práctica de los profesionales de la ciencia, es decir, investigación de final abierto. A través de la tecnología también se busca el acceso a la comunidad científica más allá del aula, con el contacto con estudiantes y profesores de otras escuelas, educadores de museos e investigadores en enseñanza de las ciencias, buscando una “visión para una reforma en la educación de ciencias que tenga en cuenta los avances sociales, tecnológicos y científicos y pueda ser concretamente implementada y después empíricamente estudiada” (Pea, Edelson, & Gomez, 1994). En sus directrices, también se contemplan las necesidades de enseñanza-aprendizaje, con la adopción de una pedagogía constructivista, enfoque en el aprendizaje en grupo y del papel del profesor como guía, además del papel del multimedia para favorecer distintos estilos de aprendizaje y del aprendizaje orientado a proyectos.

En la experiencia del proyecto, se detectó un mayor éxito cuando se comprendió las necesidades de los estudiantes y de los profesores y se crearon aplicaciones que reflejaran el contexto de enseñanza-aprendizaje. Por otro lado, se ha obtenido un éxito menor en los intentos de transferir aplicaciones a escuelas sin una reconceptualización de la herramienta al contexto dado (Pea *et al.*, 1995).

Otro acercamiento, utilizado por ejemplo en el proyecto *Practical Experimentation by Accessible Remote Learning - PEARL* (experimentación práctica a través de aprendizaje remoto accesible), son los sistemas que permiten a los estudiantes colaborar en la realización de experimentos reales a través de Internet. Los beneficios de este planteamiento son el soporte a la

experimentación real en oposición a simulación, permitir a las universidades compartir los costes de desarrollo de un mismo experimento y la amortización de los equipos a través de un uso más intensivo (Colwell & Scanlon, 2000).

La aplicación *Virtual Water* presenta conceptos de dinámica molecular, para la comprensión de las propiedades del agua, simulando el movimiento molecular, exploración y transición de las fases. En su evaluación se concluye que las animaciones 3D implican mayor comprensión conceptual de los estudiantes con altos niveles de habilidades espaciales. La mayor fortaleza de la aplicación reside en la habilidad de visualizar situaciones que de otra manera no pueden ser vistas y sumergir el estudiante dentro de esta situación, mientras que la visualización estereoscópica parece no contribuir mucho a la comprensión conceptual (Trindade *et al.*, 2002).

Campbell (1997) describe un proyecto cuyo objetivo es proporcionar a la comunidad de la educación informal informaciones sobre el telescopio espacial Hubble y los conceptos, avances tecnológicos y científicos asociados a esta tecnología. El proyecto también plantea cómo utilizar estos conceptos de modo innovador, para educar al público acerca de la ciencia, sobre todo en disciplinas como las matemáticas, la astronomía y la tecnología.

6.5. Reflexiones críticas

Heim (1998) denomina como realismo *näive* la postura de los críticos de de la informatización, que conciben la realidad como una experiencia inmediata y los ordenadores como intrusos en el terreno de la mediación. En el mejor de los casos, deberían ser herramientas subordinadas al mundo primario. El realismo *näive* se relaciona con algunos temores frente a la tecnología, como la pérdida de los valores de las comunidades locales, la reducción de la proximidad física y el incremento de la interdependencia mutua en función de la mediación por ordenadores, en suma, una pérdida de autonomía del espíritu y de los cuerpos físicos, una ausencia de lo humano.

A su vez, los idealistas y defensores de la tecnología ven los cambios en el futuro según perspectivas macroeconómicas, con la adopción de un enfoque en el sistema más que en los individuos y la reducción del pensamiento a la lógica racional en contrapartida al pensamiento individual y existencial.

Ambas son visiones opuestas; lo que el futurista ve es lo que asusta al *näive*. Heim propone la adopción de esta visión equilibrada, el realismo virtual, entendido como un proceso pragmático de crítica, práctica y comunicación concienciada, con actitudes de implicación por un lado y la percepción crítica por otro. El punto de partida de este análisis es el realismo, con la noción de lo que es real, fiable y funcional. Por otro lado, se asume el sentido histórico del

cambio ontológico, con la transmutación de los elementos simbólicos a través de la historia y una perspectiva amplia para comprender el equilibrio entre pérdidas y ganancias que ocurre en el cambio cultural. Se trataría de encontrar el destino, sin estar ciego a las pérdidas ocasionadas por el progreso, con el posicionamiento del ser humano en el centro de la tecnología misma.

El surgimiento de los museos virtuales ha sido fruto de una gran variedad de motivaciones, sin embargo una en especial merece un análisis más detenido:

En la actualidad, parece que la mayoría de las organizaciones de los países industrializados necesitan subirse al tren de Internet, hasta el punto de que, cuando se trata de los museos más importantes, la cuestión ya no es si se debe o no crear un sitio Web, sino qué se debe hacer con el sitio Web (Bowen, 1999).

Por lo tanto, para establecer un razonamiento crítico sobre la cuestión de la adopción de los museos virtuales¹⁶:

Las discusiones sobre la tecnología deben empezar con quienes somos y quienes queremos ser como museos y profesionales del museo dentro del contexto de disciplinas, comunidades, culturas y países. Cuestiones de control, *empowerment*, representación, autoridad, autenticidad y academicismo deben ser reconsideradas dentro del contexto de poder y seducción de la tecnología (Morrissey & Worts, 1998)

Ante todo, hay que preguntarse “¿por qué queremos o necesitamos un sitio Web?” Las respuestas serán distintas de un museo a otro, pero es muy importante estudiar la experiencia desde el punto de vista de los visitantes virtuales y el beneficio que esperan obtener del sitio Web del museo, en vez de limitarse a sopesar lo que éste puede ofrecer.

En otras palabras, “una comprensión sólida de nuestra misión corporativa es un prerequisite fundamental” para el diseño y el desarrollo de iniciativas basadas en tecnología de la información (Gerrard, 1998).

Siguiendo esta línea de raciocinio, Quinn (1998) indaga “qué estamos intentando lograr y cuán exitosamente lo estamos logrando”. Una de las maneras de analizar la cuestión es entender las organizaciones culturales como negocios, que ofrecen productos y servicios por los cuales hay que percibir una remuneración. Conocer el producto permitirá promocionarlo y exigir una remuneración más adecuada en forma de tasa o financiación y conocer los objetivos para facilitar la medición de los resultados

En el aspecto económico, aunque los proyectos electrónicos algunas veces son vistos como formas de desarrollar actividades a un coste más bajo no hay evidencias de que lo “electrónico” sea realmente más barato. La gestión de los recursos humanos, la investigación,

¹⁶ Para Virilio (1997), es necesario progresar a través del reconocimiento de la “negatividad específica” de cada avance tecnológico, señalando lo que hay de negativo en lo que parece positivo.

documentación y el desarrollo de los contenidos, además de la gestión de proyecto todavía cuestan el 60% del producto final y no varían de un medio a otro (Bandelli, 2002).

Gerrard (1998) presenta una mirada crítica sobre la promesa de cumplimiento total del potencial educativo de la Web para los museos, utilizando como herramienta de análisis los patrones históricos de la adopción y utilización de tecnologías de información previas en las clases presenciales pues éstos pueden auxiliarnos a hacer mejor uso el presente.

En el análisis de la adopción de tecnologías como la televisión o la radio en la escuela se puede detectar un patrón histórico cíclico¹⁷, con la adopción temprana de la tecnología por parte de una minoría entusiasta, seguida por el apoyo político con financiación y becas para el desarrollo de su implantación. Luego las propias expectativas infladas por las promesas y la resistencia estructural en las instituciones acaban por menguar su adopción a la cual sigue una fase de oscuridad hasta que surge la nueva tecnología educativa de moda. Entre los factores primarios que limitan la adopción y el uso de nuevas tecnologías destacan las habilidades técnicas necesarias para utilizar la tecnología, la comprensión y el control necesario para utilizarla de forma efectiva y los propios costes de la tecnología frente a los métodos tradicionales de enseñanza. Una de las causas que puede explicar el fracaso de la adopción de tecnologías, subyacente a las declaraciones entusiastas es que éstas se encuentran basadas en predicciones, con toda la dificultad que suponen las predicciones al manejar fenómenos complejos. Las predicciones se basan en la fe la tecnología, más que en hechos reales¹⁸.

Otras tecnologías educativas, como la pizarra, la fotocopiadora y el proyector han actuado incrementando el papel de autoridad del profesor, motivo por el cual han resultado exitosas. Estas tecnologías reducen el esfuerzo físico necesario para comunicar la información escrita, de forma que puede dedicarse más esfuerzo a tareas administrativas, lo que demuestra que no amenaza a sus funciones y soporta los valores escolares tradicionales. De esta manera, reproducen localmente las relaciones de poder a través de las cuales los profesores interactúan con los administradores (Hoda, 1993).

Otra crítica realizada se refiere al hecho de que cada innovación tecnológica fue una promesa de revolución para los métodos educativos, pero si miramos los materiales producidos para estos medios se nota la ausencia generalizada de calidad.

¹⁷ Sobre el uso de la televisión en la escuela se ha dicho que “los estudiantes en las aulas de hoy pueden testimoniar la historia en su desarrollo, Pueden ver y escuchar los académicos de nuestra época. Pueden tener acceso a los grandes museos de arte, historia y naturaleza. Todo un baúl del tesoro de nuevas y estimulantes experiencias que se encuentra más allá del alcance de los estudiantes del pasado y pueden traerse a la clase de aula para los estudiantes de hoy”, citado en Gerrard (1998). Una visión muy similar a las posibilidades que los museos virtuales e Internet nos prometen en general.

¹⁸ No se observa una conexión entre los escenarios prometidos por la tecnología y los resultados reales. Estos tipos de propuesta son “semimágicos”, con la creencia de que la maquinaria significa la modernidad y que el poder de transformación reside en una “caja negra”, más que en su utilización (Hoda, 1993).

De esta manera, los museos deberían considerar la Web como una herramienta más a su disposición, y que no siempre puede ser la mejor opción. Se necesitarían más datos sobre los costes reales de la implementación de la tecnología y la realización de estudios de casos que detectaran y midieran los éxitos y fracasos. El acceso a la tecnología se debería dar solamente cuando fuera necesaria, siempre y cuando se considerara la adecuación del contenido educacional o curricular. Asimismo, los modelos de sistemas desarrollados para museos grandes, con financiación abundante puede que no sean directamente adaptables a instituciones más pequeñas.

En la misma línea, Burel (2001) cuestiona la eficiencia del museo virtual como recurso educativo y su potencial efecto benéfico para el proceso de aprendizaje. Además se pregunta qué tipo de herramientas de evaluación se podrían utilizar para evaluar el impacto de la tecnología y para constatar el objetivo de los museos en alcanzar la popularización de la ciencia. El museo virtual también podría perder el papel característico de mediación entre las fuentes de información técnica y científica y el público, al facilitar el acceso a una gran masa de información no fidedigna disponible en la Internet pública.

Según Rehak y Mason (2003) se puede observar una trayectoria común en la introducción de nuevos conceptos en un dominio, con la identificación de varias etapas. La primera es una confusión inicial acerca de qué es el fenómeno. A ésta le sigue una división entre entusiastas y detractores. Luego, se produce la toma de conciencia de que el fenómeno no es nuevo, sino que tiene precedentes y elementos familiares, al cual le siguen investigaciones sobre cómo aplicar y explotar el concepto. Por último, se produce la aceptación en la medida en que el concepto se sitúa en un punto entre los polos opuestos, entre lo útil y lo inútil.

Pero la cuestión de la adopción de las nuevas tecnologías por la educación también es una cuestión de **cambio sistémico**. Bonnster (1998) define las fases a través de las cuales las innovaciones educativas son apropiadas por los profesores. En la Fase I, pre-reforma, se hace y obtiene lo mismo que se venía haciendo tradicionalmente.

En la Fase II, se presentan las nuevas estrategias de enseñanza, que se intentan implementar, generalmente a través de un acercamiento “todo o nada”. La aplicación indiscriminada a todas las actividades puede llevar a un fracaso o a la presentación de la teoría sin una imagen clara de la teoría aplicada a la práctica, y a la percepción de que la innovación se trata de un modismo, con la consecuente reversión hacia lo tradicional.

En la Fase III, una reflexión más profunda acerca de lo qué se está haciendo y de cómo se pueden integrar las nuevas ideas a las herramientas de enseñanza previas puede resultar en una adopción eficaz. Desde este punto de vista, las instituciones deberían estar preparadas para invertir tiempo y recursos para ayudar los profesores a hacer la transición entre los practicantes de la fase II y de la fase III, que han logrado la habilidad y reflexionado sobre su propia práctica para obtener una integración verdadera. Según este autor, se requieren de tres a

cinco años para obtener cambios en los comportamientos individuales de los profesores y de tres a ocho años para obtener un cambio sistémico dentro de una institución.

Así, la conjunción de los museos y centros de ciencia en lo que concierne a las actividades educativas realizadas en la Red también se relaciona con la expectativa de que las escuelas funcionen como instituciones racionales:

Esta expectativa, deriva también de la asunción de que las escuelas, puesto que son máquinas construidas con objetivos, perseguirán el acercamiento racional, orientado a medios y fines, que caracteriza a las búsquedas racionales. A esto le sigue la expectativa de que las escuelas abrazarán, de hecho clamarán, por cualquier tecnología que les ayude a aumentar su productividad, a realizar su trabajo más eficiente y eficazmente. Parece natural que ellas deben emplear las mismas herramientas que llevaran el mundo exterior al aula y convertirse en entornos y herramientas más densos de información, así como las películas, la televisión y los ordenadores. Ciertamente, muchos tecnólogos educativos esperan tal respuesta y se sienten molestos y desconcertados cuando esta no viene de forma abundante o próxima (Hoda, 1993).

Las escuelas, como organizaciones que son, tienen como función principal perpetuarse a lo largo del tiempo, experimentando el cambio como una invasión, como una ruptura de sus “defensas orgánicas”.

Entendida como una organización sistemática, el objetivo de la escuela no es solucionar un problema, sino relevar la presión causada por un factor externo. Además, su método no es la evaluación sistemática de medios y fines, sino un método de prueba y error y lo que puede parecer una innovación, parece una invasión si es necesario cambiar los hábitos y cultura organizacional para implementarla. Como consecuencia, una tecnología que refuerce una línea de poder puede ser adoptada como decisión administrativa, pero no a nivel de aula, debido a divergencia entre gestores y trabajadores.

El cambio cultural no se logra en función de criterios de eficiencia –por ejemplo, realizar el trabajo de manera más barata y eficiente– pero cambia la concepción de qué hacen los usuarios de tecnología y del mundo en el cual lo hacen. Este cambio no es instigado solamente por la tecnología, sino por las relaciones sociales y económicas con el entorno y de los valores de la sociedad, bajo el riesgo de que los profesores pierdan su posición cultural y se queden marginados.

Según la metáfora de la adopción, las deficiencias en la utilización de las tecnologías son vistas como limitaciones de los usuarios, y no de la tecnología propiamente dicha. Una visión contrastante, por otro lado, postula que la tecnología es *apropiada* por las personas, más que adoptada. El proceso de apropiación ocurre por dos vías, a través de una “evolución recíproca”, en la cual tanto el usuario como el diseñador interpretan la utilidad de un artefacto. Este artefacto, a su vez, es objeto de ciclos de iteración que lo transforman, según las necesidades de la comunidad de usuarios y la respuesta creativa del diseñador a estas necesidades. En este sentido,

las metodologías de diseño participativo tienen como objetivo refinar la funcionalidad y las propiedades de interfaz de las aplicaciones (Pea *et al.*, 1995).

A su vez, Shane (1997), responsable del proyecto SLN en el *Museum of Science de Boston*, también cuestiona la aplicación de la tecnología, después que su experiencia en el tema ha suscitado “más cuestionamientos que respuestas, y más problemas que soluciones”. Su primer cuestionamiento está en relación con el funcionamiento de la tecnología de la información. También critica el argumento de que los museos virtuales permitirían el acceso a una cantidad más grande de información, cuestionando la calidad de información disponible en Internet y el hecho de que la información es distinta a conocimiento. Por fin, en relación con el interrogante de si los museos se pueden permitir los gastos en tecnología, sería importante computar sus costes directos, indirectos y ocultos, por ejemplo la obsolescencia de equipos, *software* y lo costes de asistencia técnica.

De este cálculo también deriva la constatación de que los recursos limitados del museo exigen una demostración clara de la eficacia del proyecto. La otra cara de la moneda de la cuestión económica son los ingresos y la cuestión estaría en cómo generar ingresos a partir de visitas virtuales (*ver 5.6.4*). La cuestión de si las audiencias podrán de hecho utilizar el museo virtual, destaca la “división digital” entre aquellos que poseen acceso a la tecnología y los menos favorecidos –o entre “conectados” y “no conectados”– y el precario acceso a Internet que todavía hay en las escuelas. Por último, también se cuestiona la eficacia de Internet como herramienta educativa:

Por extensión cuando nosotros, como museos, intentamos vender esta fuente de información (la tecnología de información) como un método de aprendizaje, estamos introduciendo un sesgo en el hábito de las personas en vernos como árbitros y proveedores del conocimiento. Sugiero que corremos el riesgo de disminuir o empobrecer las experiencias de los visitantes mientras que estamos intentando expandirlas (Shane, 1997).

A partir de las posibilidades que ofrecen a la educación de ciencias los experimentos virtuales y sus formas relacionadas, como los espacios virtuales y las simulaciones, y particularmente para el aprendizaje de ciencias a partir de un acercamiento experimental y práctico como el propuesto por los centros interactivos de ciencia, exploraremos en el próximo capítulo un nuevo concepto, el de objetos de aprendizaje, que surge en el campo de la educación mediada por ordenador, como forma que permite la economía de recursos y el desarrollo colaborativo de materiales didácticos digitales, y que concebimos como posible solución tecnológica para integrar los entornos informales y formales en sus misiones educativas, así como de los museos y centros de ciencia entre sí.

Capítulo 7 – Objetos de aprendizaje

En este capítulo exploramos el concepto de “objeto de aprendizaje”, que constituye nuevo paradigma para el desarrollo de materiales educativos electrónicos adoptado por la comunidad de enseñanza asistida por ordenador y de la educación a distancia.

Los objetos de aprendizaje se caracterizan por ser **reutilizables**, con la posibilidad de uso en distintos contextos; **granulares**, de forma que puedan agregarse o dividirse para la conformación de nuevos objetos; **interoperables**, con la posibilidad de utilización en distintas plataformas; **modulares**, de forma que un objeto pueda estar contenido o contener otros objetos y **descriptibles** por metadatos, en cuanto a sus contenidos y utilización didáctica. Para que alcancen estas características, se propone la adopción de estándares técnicos que normalicen su descripción y utilización didáctica.

Estas características permiten que se desarrollen de forma colaborativa y sean accesibles de forma simultánea, con la posibilidad de ser utilizados por los museos y centros de ciencia interactivos virtuales como forma de compartir recursos y de mejorar su misión educativa en el aprendizaje informal de ciencias, facilitando la incorporación de experimentos virtuales y otros recursos didácticos multimedia.

7.1. Conceptualización de objetos de aprendizaje

7.1.1 Estándares técnicos educativos

Por estándares, entendemos los “acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios necesarios para ser usados consistentemente como reglas, directrices o definición de características, para asegurar que materiales, productos, procesos y servicios se ajusten a sus objetivos” (ISO, 2004)

En el campo de las telecomunicaciones mundiales hay una clara necesidad de una rápida y progresiva estandarización, actuando como un catalizador para el proceso de innovación. Particularmente, el área de la informática se caracteriza históricamente por el surgimiento de estándares donde converge la mayoría, si no la totalidad, de los usuarios, dentro de determinado sector. Sin embargo, “si el estándar se fija demasiado temprano, se corre el riesgo de quedarse obsoleto prematuramente, penalizando a los que lo adoptaron. Si el estándar se fija demasiado tarde, se corre también el riesgo de quedarse obsoleto por existir ya otros mecanismos satisfactorios en funcionamiento, cuya desactivación sería inconveniente” (Mandel, Simon, & Lyra, 1999).

Conviene distinguir, los conceptos de estándar, especificación e implementación. Las especificaciones son de carácter experimental, incompletas y evolucionan rápidamente, se utilizan en la captación de un consenso a modo de borrador cuyo objetivo es gestionar el desarrollo de la tecnología y la gestión del riesgo a corto plazo. Los estándares, en contrapartida, son más concluyentes y completos y evolucionan de forma más lenta. Capturan una aceptación general, tienen objetivos regulativos y buscan la gestión del riesgo a largo plazo. Las implementaciones y tratan del modo en que las especificaciones y estándares se aplican en comunidades de práctica, incluyendo aplicaciones que integren múltiples especificaciones o simplificaciones¹. Las implementaciones median la abstracción de los estándares y especificaciones y los requerimientos prácticos de las comunidades.

Específicamente en el ámbito del *software*, los estándares se encuentran relacionados con las nociones de interoperabilidad y reutilización. Mientras la interoperabilidad hace referencia a la habilidad de distintos sistemas de ordenadores para compartir información y coordinar su flujo, la reutilización se refiere a la habilidad de tomar un módulo de *software* desarrollado en determinado contexto y aplicarlo a otro, donde se requiera la misma funcionalidad (Ritter & Suthers, 1997).

Los estándares se muestran útiles cuando hay una variación en la práctica que impida el progreso en un determinado campo. Por ejemplo, ante la ausencia de un trabajo coordinado, se puede observar el desarrollo de protocolos distintos en su implementación, pero compatibles en función e intencionalidad. Los estándares en este caso facilitarían un desarrollo conjunto.

Mientras que es indeseable que los estándares compitan entre sí, coincidan en partes o se desarrollen en paralelo, la naturaleza compleja y variada de las organizaciones y de los procesos de desarrollo involucrados también deben tenerse en cuenta.

Por otro lado, los esfuerzos por desarrollar estándares no son equivalentes a los esfuerzos de investigación científica, debido a la necesidad de sean adoptados como prácticas comunes y no como invenciones e innovaciones de alto riesgo. Pese a esto, los investigadores también desempeñan un papel importante en el proceso de desarrollo de estándares, teniendo en cuenta que poseen una visión de la tecnología futura y pueden asegurar que los estándares incluyan características deseables en el futuro, además de animar a los investigadores a pensar en interactuar y reutilizar trabajos de otros laboratorios. En cambio, muchos investigadores también pueden ver los estándares como barreras frente a su libertad de experimentación (Ritter & Suthers, 1997).

¹ Por ejemplo, el conjunto de estándares y especificaciones modificadas y ampliadas denominado *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) tiene como objetivo que sistemas de aprendizaje basados en Web puedan recuperar, importar, compartir, reutilizar y exportar de una forma normalizada los contenidos educativos. En la actualidad se puede considerar una especie de “estándar” de la industria de educación a distancia, pese a que sea una iniciativa del sector de entrenamiento militar a través de la iniciativa *Advanced Distributed Learning* (ADL) establecida por el Departamento de Defensa norteamericano.

Los estándares técnicos en educación, frente a los estándares curriculares (*ver 4.1.1.*), no se preocupan de lo que se debe enseñar, sino de la creación de una comunidad de práctica para una tecnología, que maneje aquel contenido.

Estos estándares se pueden aplicar a varios aspectos de la tecnología educativa, siempre buscando asegurar la interoperabilidad, la portabilidad y la reutilización en el diseño e implementación de sistemas. Se aplican por ejemplo, a la arquitectura de *software*, en cuanto al modo en el que los componentes del programa comparten información dentro de un determinado sistema; a materiales de curso, en cuanto al formato y descripción de los contenidos de un entorno educativo y a los formatos de almacenamiento de información del estudiante, en cuanto a preferencias y habilidades.

En la actualidad, la utilización de estándares es una manera de compensar la ausencia de estrategias comunes de desarrollo e implementación. Funcionando como guía de diseño los estándares permitirían la flexibilización de su utilización, reducción de costes y tiempos de producción (García Carrasco *et al.*, 2002).

Es importante la existencia de estándares relativamente estables, necesarios para que el campo madure más allá de esfuerzos aislados y no coordinados. Mientras tanto, el desarrollo de un estándar en un área emergente como el *e-Learning* se puede comparar con alcanzar un blanco móvil a partir de una posición que también se mueve –el primero son las configuraciones tecnológicas, el segundo la dinámica de creación de los estándares. En la actualidad coexisten varias entidades dedicadas al desarrollo de estándares técnicos educativos, como respuesta al crecimiento de la educación a distancia asistida tecnológicamente.

El *IMS Global Learning Consortium* desarrolla y promueve especificaciones abiertas para facilitar las actividades de aprendizaje en línea distribuidas, abarcando a entidades comerciales y gubernamentales. La preeminencia anglosajona deriva muchas veces en la ausencia de requerimientos multilingües o multiculturales.

El *Electrical and Electronics Engineers Inc. Learning Technology Standards Committee* (IEEE–LTSC) se dedica a la preparación de estándares técnicos acreditados, prácticas y guías recomendados en tecnología educativa.

La colaboración *International Organization for Standardization – International Electrotechnical Commission* (ISO– IEC) se dedica a la preparación de estándares para todas tecnologías relacionadas con la electrónica, teniendo como áreas de desarrollo compartido, según un comité común, el *Joint Technical Comitee JTC1* y el Subcomité en “*Information Technology for Learning, Education and Training*” SC36.

La iniciativa *Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* (ARIADNE), trabaja conjuntamente con el IEEE– LTSC, ADL e IMS en los esfuerzos de estandarización. También busca aumentar la percepción de los sectores académico y corporativo

en Europa acerca del potencial de las soluciones tecnológicas de aprendizaje, facilitando a sus miembros el uso de herramientas y metodologías propias para la producción, gestión y reutilización de recursos pedagógicos digitales.

En el ámbito europeo, de forma similar al IMS, surge la iniciativa *Promoting Multimedia in Education and Training in European Society* (PROMETEUS), un consorcio de asociaciones, empresas y órganos gubernamentales interesados en el desarrollo de aplicaciones educativas basadas en las tecnologías de información y comunicación con el objetivo de identificar y diseminar el conocimiento y las prácticas eficaces de utilización en este campo.

Otras entidades actuando en el campo de la estandarización educativa son *Aviation Industry CBT Committee* (AICC) y *Getting Educational Systems Talking Across Leading-Edge Technologies* (GESTALT).

Dentro de los estándares que estas entidades desarrollan, quizá los más importantes sean aquellos que definen metadatos educativos. Los metadatos son informaciones que describen otros recursos de información; el término significa literalmente “datos sobre datos”, o sea, información que califica otra información. Los metadatos existieron bajo la forma de varios nombres en las ciencias de la computación y en la biblioteconomía, como medio de proporcionar la información para la gestión y recuperación de recursos como archivos electrónicos y libros. En los últimos años, los metadatos han adquirido importancia para estas y otras comunidades de práctica, por presentarse como posible solución para el caótico estado que el crecimiento explosivo de la WWW proporcionó a Internet (Thomas & Griffin, 1998).

Los estándares de metadatos educativos describen el contenido, el significado, la utilización, la estructura y el comportamiento de objetos individuales y colecciones de objetos de aprendizaje. El estándar LOM, por ejemplo, abarca las siguientes categorías: una descripción general, que contiene a su vez la catalogación del objeto; la identificación de los metadatos; las asociaciones y relaciones entre el elemento en cuestión y otros elementos; una descripción técnica; una descripción del uso educativo y otros datos de datos de administración, como pueden ser el control de los derechos de autor.

La motivación que sustenta la utilización de los metadatos es múltiple. La principal es sin duda, su rol en la organización de la información, permitiendo la recuperación eficaz de la información. Se relaciona además con la cuestión de la preservación digital a largo plazo, donde los metadatos aseguran que los recursos estarán disponibles en el futuro, a través de información especial que detalle sus características, asegurando una descripción independientemente del sistema informático utilizado en la actualidad.

De manera similar, son un modo de proporcionar una identificación digital persistente y única, de forma que los recursos siempre se podrán encontrar y serán distintos uno de los otros. Por último, pueden potenciar los múltiples modos de visualización de una información, con la posibilidad de acomodar versiones variadas de un mismo objeto digital, por

ejemplo, versiones dedicadas a la investigación, de alta resolución, y otra versión orientada para publicación en Web, de menor calidad. Los metadatos, en este caso, se utilizarían para conectar las diversas versiones, identificando las características comunes de cada versión (Brad, 2002).

El estándar denominado *Learning Object Metadata* - LOM (metadatos de objetos de aprendizaje) fue el primer estándar *de facto* probado en la enseñanza mediada tecnológicamente, fruto del desarrollo conjunto de una especificación por parte del IMS y por ARIADNE, que luego se ha estandarizado por la IEEE.

El formato *Dublin Core*, de la *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI), un foro de desarrollo de estándares interoperables de metadatos que soporten una amplia variedad de objetivos, es utilizado por determinadas comunidades dedicadas a la catalogación de recursos electrónicos. Originalmente no incluía elementos específicos para describir los aspectos pedagógicos de los objetos y aunque se ha realizado una extensión con seis elementos, algunos de estos elementos no son compatibles para la utilización de la especificación IMS.

También se puede hacer una distinción entre metadatos subjetivos y objetivos. Los metadatos objetivos abarcan los datos factuales y muchas veces son generados automáticamente. Los subjetivos tratan de atributos de valor y ganan mayor importancia con la personalización. Son particularmente relevantes para los metadatos educativos —con la definición del tipo de recurso, del tipo de interactividad, del nivel y contexto de aplicación, del nivel de dificultad y de su descripción— pues éstos dependen de quienes han estado involucrados en su creación (Duncan, 2003).

Pese a la utilidad del estándar LOM, solamente una pequeña parte de los metadatos se pueden crear de forma automática, de forma que la catalogación representa un gran esfuerzo para los usuarios de estos metadatos. El esfuerzo de catalogación se relaciona directamente con el nivel de granularidad que se elija para los objetos de aprendizaje (*ver 7.1.4.3*).

La estandarización, por otro lado, es también necesaria en el nivel de la taxonomía, de los vocabularios y sistemas de clasificación utilizados en la búsqueda y recuperación de los objetos de aprendizaje. En este sentido, cada disciplina contiene su propio discurso y lenguaje, lo que dificulta la adopción de una taxonomía única (Littlejohn, 2003). El problema en la utilización de terminología educativa, que varía según las distintas disciplinas, es que impediría su transferencia a través de comunidades interdisciplinarias.

Hatala y Richards (2003) argumentan que el esfuerzo de estandarización, aunque fundamental, obtiene productos de demasiada complejidad, mientras que son las comunidades donde se crea el conocimiento las que van a soportar el crecimiento de su utilización. Para alcanzar esta situación, sin embargo, es necesario en primer lugar simplificar los estándares.

Loche (2003) analiza con más profundidad este caso de *profiling*, es decir, la creación de perfiles de aplicación de los estándares para la consecución de determinados objetivos. En

Canadá, en función de la naturaleza descentralizada de su política educativa, además del intento de reflejar una diversidad cultural y lingüística para atender la diversidad de requerimientos administrativos y de contenido, ha buscado simplificar la reutilización de los objetos de aprendizaje, centrando el foco de los metadatos en su descripción y búsqueda. En última instancia se trata de atender a requerimientos locales a la vez de respetar los requerimientos de interoperabilidad.

Por último, cabe destacar que la categoría de accesibilidad en los metadatos, pese a la existencia de una especificación IMS denominada *Guidelines for Developing Accesible Learning Applications*, tendrá que adaptarse en función de las legislaciones locales, constituyendo posibles casos de *profiling*.

7.1.2. Motivación para la utilización de objetos de aprendizaje

La justificación de los objetos de aprendizaje, a menudo, se hace en función del concepto de economía. En este sentido se compara el esfuerzo de producir múltiples versiones de objetos similares, frente al uso de versiones compartidas de un mismo objeto, con la extracción de los elementos comunes a varios cursos, como forma de disminuir los gastos en la elaboración de materiales didácticos (Downes, 2001). La utilización de un mismo objeto de aprendizaje, en distintos niveles educativos y disciplinas se ve como un factor de reducción de costes (Friesen, 2001).

Una de las principales ideas que sustentan concepto de objeto de aprendizaje, es que una economía de objetos educativos podría acelerar el desarrollo internacional y el aprendizaje de alto nivel en países en desarrollo (Berenfeld, 1998).

En la enseñanza elemental también se detecta un concepto amplio de “compartir”; un recurso compartido se entiende como un recurso producido centralmente y utilizado por muchos. En este sentido, se están compartiendo recursos de forma “tradicional”, desde los capítulos de los libros de texto hasta los mapas, las tablas periódicas, las películas y videos, e incluso el *software* educativo. En estos casos, no se trata de clases en sí lo que se comparte, sino de componentes de clase.

Por otro lado, solamente sería posible alcanzar una economía a escala para las comunidades de aprendizaje en línea, si hubiera suficientes recursos disponibles, momento en el cual los objetos de aprendizaje funcionarían como moneda de cambio (Duncan, 2003).

Jung y Broumley (2003) plantean que la vinculación de los objetos de aprendizaje al currículo llevará a una adopción más rápida y extensa, con la determinación de una economía a escala y la obtención de productos de mejor calidad. Entretanto, para Anderson (2003) la

vinculación al currículo supone una visión estática de los objetos de aprendizaje, mientras que serían más interesantes los objetos maleables, que alcanzarían un uso difundido mediante la capacidad de contextualizarlos según otras necesidades curriculares, especialmente en áreas en que la cultura local demanda una adaptación del currículo. De la misma forma, según apunta Downes (2001), la adherencia al currículo y a estándares nacionales norteamericanos dentro de cada área temática, que en este momento lideran el desarrollo de contenidos educativos en línea, no resultaría útil en un mercado global.

Del análisis de la literatura, Fitzgerald (2002) identifica además de los problemas relacionados con la calidad de la información, principalmente en cuanto a su veracidad, disponible debido a la ausencia de mecanismos de control de la calidad en Internet, la dificultad y el poco tiempo del que disponen los profesores para buscar materiales de clase en Internet, especialmente cuando se tratan de temas altamente específicos.

Vinculados a la cuestión económica, en la actualidad se observan dos movimientos considerados preocupantes por el sector académico. En primer lugar, la privatización y la transformación del conocimiento y de la educación en capitales, a nivel global. Y luego, los cambios en las legislaciones de derechos de autor internacionales, a partir del *Digital Millennium Copyright Act* en 1998, que introduce el concepto de que el detentor de los derechos de autor tiene control absoluto sobre el uso de cualquier *bit* de información.

Al mismo tiempo, también se observa la eclosión de un movimiento de adopción de soluciones informáticas basadas en código libre. Por código libre se entiende que el código fuente de un programa se distribuye junto a él, haciendo posible estudiar sus mecanismos de funcionamiento, modificarlo o derivar otro *software* a partir de él. La distribución es libre, sin el pago de licencias o *royalties*, siempre y cuando la redistribución utilice los mismos términos de licencia original. La idea fundamental es que el proceso prevalezca sobre el producto, de forma que una comunidad de usuarios pueda mejorarlos, obteniendo productos más eficientes

Este concepto aplicado al área de la educación se traduce, por ejemplo, en la iniciativa del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) llamada *OpenCourseWare*, que ofrece libre y gratuitamente los materiales de curso de esta institución para cualquier usuario en el mundo. La idea es proporcionar el contenido, pero no como un sustituto de la educación en sí, bajo la premisa de que el rasgo diferencial del proceso educativo es la interacción entre los estudiantes y el profesorado; el conocimiento, por lo tanto, no es algo que se pueda “dar”, sino algo que se ayuda a construir. En este sentido, se busca una visión del conocimiento y de la educación no como productos, sino como procesos (Ishii & Lutterbeck, 2001).

En un mundo dirigido por el mercado, esta iniciativa puede parecer contra intuitiva; sin embargo adopta una visión innovadora que propone que la educación puede avanzar a través de la ampliación del acceso al conocimiento. La lógica de los “materiales abiertos” se resume a

que el acceso al material generará un aumento del conocimiento, que a su vez llevará a la innovación en todos los campos del saber y en el estímulo de la economía, que en última instancia beneficiará a una institución como el MIT. En contrapartida, la transformación en capital y el control rígido de la información limitan estos intercambios y desarrollos, amenazando la explotación futura de estos capitales.

La combinación de las justificaciones en función de la economía proporcionada y del desarrollo del “conocimiento libre” conduce a una visión acerca del valor mismo del conocimiento, y de la educación, en la sociedad contemporánea.

Existe una tensión entre los que crean el conocimiento, y que protegen celosamente su monopolio sobre la propagación y distribución, y los que deben consumir el conocimiento para conseguir un trabajo, para construir una vida, para participar completamente en sociedad (Downes, 2001).

Y particularmente en ciencias,

Consumir, intercambiar, tratar la información es, inversamente, la razón de su enriquecimiento y de su integración bajo la forma de conocimiento. Su valor crece en función de su uso y de su enriquecimiento; decrece cuando la aislamos y cuando la consideramos un estoque seguro, sólido y definitivo. Si hoy como ayer, información significa poder, su retención obsesiva no es el mejor vector de su eficacia. Su rentabilización pasa por el intercambio y por la transformación para formar, alimentar y polarizar comunidades de valores...(Fayard, 2001).

En contrapartida, también se puede observar un valor estratégico de este conocimiento. Bajo las premisas de que el desarrollo de una fuerza de trabajo preparada para actuar en la “nueva economía” debe ser capaz de desarrollar y aplicar las nuevas tecnologías y de que el establecimiento de una industria nacional en el sector de la educación escolar es una oportunidad para establecer un papel de liderazgo en la exportación de estos recursos se reconoce la importancia del establecimiento de un mercado para productores y consumidores de servicios y productos de tecnologías de información. En estos momentos, Australia parece ser el país que de forma más explícita y contundente ha reconocido este valor.

La disposición de materiales didácticos digitales en un “currículo digital” también es una forma de capitalizar la gran inversión en *hardware* y desarrollo profesional realizada en el sector escolar en este país, tratando de hacer el uso de las nuevas tecnologías de comunicación una realidad cotidiana en las aulas (Trinitas, 2000). Por otro lado, también se reconocen los cambios en relación con los procesos convencionales y las promesas de mejoría de los resultados educativos, a través de la aplicación de la tecnología.

En este sentido, se observa que los recursos curriculares digitales, además de una marcada rareza, vienen en su mayoría de otros países. La “importación” de recursos educativos

podría dar como resultado la falta de relevancia para los estudiantes australianos, al consumir materiales producidos por otros países. Esta preocupación queda patente en la afirmación: “a menos que Australia desarrolle su propio currículo digital, otros llenarán el vacío” (CESCEO/MCEETYA, 1999).

Además, los pocos materiales didácticos que existen disponibles no se encuentran estructurado para una utilización dentro de la enseñanza tradicional, y tampoco contienen mecanismos de monitorización, evaluación y generación de informes para medir los progresos de los alumnos. El problema de “los contenidos” es más general:

El problema fundamental sigue siendo el mismo: tenemos un sistema de artefactos, que permite complejidades nuevas de acción, pero ¿cuál ha de ser el contenido de la acción? Frente a la importancia concedida al hecho de poseer y adquirir tecnología, hemos de subrayar la importancia de crear contenidos, promover criterios de acceso a los contenidos, guiar y tutorizar el acceso a las disponibilidades informacionales y comunicacionales que dispone la tecnología (nuevos modos de tutoría educativa), favorecer nuevas formas de pensamiento crítico dado que en algunas formas de presentación del contenido por el nuevo medio se relacionan de manera ambigua y equívoca con la reflexión y el pensamiento que pretenden alimentar (García Carrasco, 2001).

Así, con la justificación de que los recursos digitales de alta calidad aumentan la motivación de los alumnos y contribuyen a que los profesores enseñen mejor, su aplicación es vital en las áreas rurales, donde la oferta de cursos surge como oportunidad para solucionar los problemas de baja participación. Además, el ofertar cursos que no se podrían enseñar de otra forma, se evitaría el desplazamiento de la población joven hacia las grandes ciudades.

El documento elaborado por CESCEO y MCEETYA (1999) propone una estrategia para determinar un marco de trabajo y un mercado en el ámbito nacional para los contenidos curriculares de alta calidad para las escuelas, con la realización de un llamamiento a los gobiernos para desarrollar programas de creación de contenidos digitales, de valor estratégico. Otra premisa es que la actividad no coordinada, por sí sola, no será capaz de generar acercamientos sistemáticos para la provisión de currículos digitales, con la necesidad de intervención gubernamental en un primer momento.

Si fueran verdad los efectos de los artificios lingüísticos sobre el pensamiento, y de los artefactos literarios sobre la actividad del conocimiento, quienes aspiren a jugar el rol de protagonistas en acciones de formación y de comunicación tienen que obligarse a sí mismos, en connivencia con el nuevo sistema de comunicación, a pensar en marcos multimediales. Esto obliga, necesariamente, a la transformación del rol y de la función de autor de productos de formación (...) Los productos multimediáticos hacen imprescindible el diseño, la realización y la producción en equipo. Por lo tanto, además de inteligencia-contenido, requieren de mayores desarrollos y calidades de inteligencia social, porque el valor del contenido estará asociado a valores de diseño (estéticos y de composición), a tecnología de elaboración y producción, a configuración de estructura y de organización en función del destinatario...(García Carrasco, 2001)

7.1.3 Objetos de aprendizaje

7.1.3.1. Definición

Para Hodgins (2002), los objetos de aprendizaje consisten un nuevo modelo conceptual para el conjunto de contenidos utilizado en el contexto del aprendizaje.

Los objetos de aprendizaje derivan de las mismas disciplinas que integran el campo de la tecnología instructiva, como la ciencia de la computación, la tecnología de información, los sistemas de tutoría inteligente y la psicología instructiva.

Los objetos de aprendizaje, bajo sus variadas denominaciones, se refieren a menudo en la literatura como si fueran elementos bien definidos, unitarios. Sin embargo, deben ser vistos en términos de su sitio dentro de una jerarquía arquitectónica capaz de encontrarlos, compararlos, seleccionarlos y después ensamblarlos para realizar una función educativa orquestada que requiera más de lo que un solo objeto pueda lograr, a menos que se trate de un producto educativo autónomo (Gibbons, 2000).

Por lo tanto, más que un simple objeto, los objetos de aprendizaje son constructos complejos y dotados de múltiples facetas que se encajan dentro de una perspectiva más amplia.

Para Sosteric y Hesemeier (2002), las definiciones existentes de “objeto de aprendizaje”² son demasiado generales para identificar, desarrollar o criticar los objetos de aprendizaje.

Según la definición del *Learning Technology Standards Committee* (LTSC), un objeto de aprendizaje es “cualquier entidad, digital o no-digital, que puede ser utilizada, reutilizada o referenciada durante el aprendizaje soportado por la tecnología”. Wiley (2000) critica esta definición, en función de su incapacidad de excluir “cualquier persona, lugar, cosa o idea que haya existido en la historia del universo”, debido a la condición de referencia.

En cambio, para la *Educational Object Economy* (EOE) la definición de objeto de aprendizaje se establece en función de un criterio técnico, aceptando solamente a los *applets* Java como objetos de aprendizaje.

Una visión común es de que serían “ficheros digitales en entornos educativos para sustentar la instrucción”, pero que deben poseer además algunas características especiales que les distingan de los ficheros informáticos corrientes, como la capacidad de reutilización y la portabilidad (Sosteric y Hesemeier, 2002).

En su actual concepción, los objetos de aprendizaje requieren información adicional que posibilite a un instructor saber como aplicar el objeto dentro de un entorno educativo³. En

² Además, otros términos relacionados se están introduciendo, como por ejemplo “objetos de conocimiento”, “componentes instructivos”, “documentos pedagógicos”, “materiales educativos en línea” o simplemente “recursos” (Gibbons, 2000).

otras palabras, demandan “información instructiva asociada, una condición crítica para aquellos entornos tecnológicos donde el objetivo es su utilización semi-automatizada” (Sosteric & Hesemeier, 2002). La intencionalidad pedagógica, reflejada a través de la provisión de un contexto y de metadatos asociados, es necesaria para que un fichero digital se transforme en un objeto de aprendizaje.

En el caso de *The Le@rning Federation*, un repositorio australiano de materiales educativos en línea (*ver* 7.4), un criterio de definición es que los objetos de aprendizaje posean “integridad educativa”, en el sentido de que estén dotados de un valor educativo, independientemente de la aplicación o del contexto en el que se utilicen (Loche, 2003).

En cambio, el concepto de “objeto de aprendizaje interactivo” hace referencia a simulaciones, juegos y diagramas dotados de partes en movimiento (Rehak & Mason, 2003).

Para Wiley (2000), la idea fundamental en torno a los objetos de aprendizaje –entidades digitales distribuidas a través de Internet– es la construcción de componentes instructivos relativamente pequeños, que se puedan reutilizar en distintos contextos de aprendizaje. Este autor propone entonces que un objeto de aprendizaje sea “cualquier recurso digital que se reutiliza para soportar el aprendizaje”.

Esta definición es lo suficientemente estrecha para definir un conjunto homogéneo de entidades y suficientemente amplia para abarcar la variedad y cantidad de información disponible en Internet. Aunque se base en la definición de la LTSC y busque una compatibilidad con esta, define un subconjunto más específico. Los atributos críticos de la definición son “reutilizable”, “digital”, “recurso” y “aprendizaje”, rechazando todo lo que no sea digital y no reutilizable, mientras se enfatiza el uso intencionado de estos objetos en los procesos de aprendizaje.

El hecho de que los objetos de aprendizaje sean claramente objetos digitales se justifica por el hecho de que no tiene sentido incluir un universo de recursos de aprendizaje cuando no hay intención real de utilizarlos en la práctica.

Koper (2003) define los objetos de aprendizaje como “cualquier recurso digital, reproducible y referenciable utilizado en actividades de aprendizaje o de soporte al aprendizaje, disponible para que otras personas lo utilicen”. Se propone el establecimiento de una jerarquía en tres fases; en la primera se situarían los recursos, es decir los ficheros y documentos, aislados de cualquier intención pedagógica. Los recursos se transformarían en objetos de aprendizaje, en la segunda fase, con la incorporación de metadatos descriptivos, con el objetivo de facilitar su uso

³ Desde la óptica de la filosofía de la tecnología, los objetos de aprendizaje serían también objetos tecnológicos: “El diseño es un objeto conceptual realizado pero no observable directamente en la forma de un objeto a menos que conozcamos cómo ese objeto entra en relación con otros objetos y a menos que conozcamos su uso correcto. Un instrumento puede ser utilizado de muchas formas, pero dentro de un conjunto de prácticas culturales es donde recibe un uso correcto. Es necesaria la familiaridad con esas prácticas y con la cultura que las produjo para identificar el diseño realizado en un objeto o en un sistema estratégico de acciones” (Broncano, 2000).

en el ámbito educativo, pero con una neutralidad pedagógica que permitiera su máxima reutilización.

Según este modelo propuesto por el lenguaje de modelación educativa *Educational Modelling Language* - EML⁴; cuando se adiciona una actividad de aprendizaje a un objeto de aprendizaje se obtiene una “unidad de aprendizaje”. El concepto de unidad de aprendizaje postula que los aspectos que se deben describir en un objeto son el objetivo, la manera de interactuar y cómo se encaja en una experiencia más amplia. Así, el último sería el de las unidades de aprendizaje, abarcando tanto los recursos, su descripción y además una intención educativa, descrita por metadatos más especializados que atendieran a determinada propuesta pedagógica.

Pero dada esta confusión terminológica, Griffiths (2003) sugiere utilizar solamente las fases inicial y final. La distinción entre objeto y recurso se confunde, una vez que hay que observar el historial de interacciones realizadas con el objeto para determinar si es o no es un objeto de aprendizaje, resultando insuficiente mirar el fichero solamente. Por otro lado, esto también supone el abandono de la ambición de utilizar fragmentos de conocimiento independientes del contexto y de la pedagogía, de forma que la reutilización de los objetos de aprendizaje sería similar a la realizada en la enseñanza tradicional, con la reutilización de recursos y de unidades de aprendizaje.

Por otro lado, también es frecuente la asociación de los objetos de aprendizaje a los conceptos utilizados en la programación orientada a objetos (POO), como por ejemplo, sus características de modularidad y autocontención. Para Sosteric y Heseimer (2002), la insuficiencia de rigor, la apropiación de la terminología utilizando conceptos de una forma errónea y la falta de adecuación sin un conocimiento previo en programación para la comprensión de la funcionalidad de los objetos de aprendizaje conllevan una confusión conceptual a la hora de relacionar las características de objetos de aprendizaje y los objetos de la POO. El fondo de la cuestión reside en la indagación de si los objetos de código constituyen suficiente guía para la teorización y la creación de objetos de aprendizaje. Según el autor, la respuesta es negativa y se propone rechazar esta conexión debido a que la aplicabilidad de la teoría POO a la comprensión de los objetos de aprendizaje es marginal o incluso contraproducente.

La implementación de los objetos de aprendizaje sigue un orden estructurado, que establece una jerarquía de forma que un objeto puede contener otros objetos y se le pueden asignar propiedades. El hecho de que sean documentos portables también implica la separación de la presentación de la información, de forma que pueden generar distintas versiones, con

⁴ El EML se ha creado por la *Open University of Netherlands* con el objetivo de describir el proceso de aprendizaje, en el sentido de que este no encuentra los recursos utilizados, sino en las interacciones y actividades llevadas a cabo con el aprendiz y se ha utilizado como base una especificación IMS (ver 7.2).

distintos objetivos, por ejemplo, para impresión, para distribución por CD-ROM o por Internet (Downes, 2001).

El concepto de objeto de aprendizaje se encuentra perfectamente de acuerdo con el de currículo digital, solicitado por países como Australia como elemento fundamental para el establecimiento de una comunidad de práctica de la enseñanza mediada tecnológicamente. Una definición de currículo digital, o de lo que se suele llamar “contenido”, abarca a los “materiales y herramientas digitales diseñados para fomentar, generar y evaluar el aprendizaje y de este modo tener una función inherente de enseñanza o soporte” (CESCEO/MCEETYA, 1999). El currículo digital incluye unidades discretas de contenidos asociadas a actividades, a materiales de apoyo dispuestos en secuencia, a actividades interactivas, a funciones que faciliten el acceso a otra información o a otras personas, a herramientas de evaluación y a materiales que permitan la adaptación o creación de nuevo material por profesores y alumnos.

También cabe destacar que los objetos digitales se sitúan dentro del contexto de la Web semántica, que propone documentos que describan de forma explícita las relaciones entre distintos recursos dotados información, permitiendo su procesado automático en los procesos de recuperación y distribución (García Carrasco *et al.*, 2002).

Como cuestión de investigación, Sosteric y Hesemeier (2002) abogan por el desarrollo de teorías como modo de criticar, evaluar y avanzar en la comprensión y en el uso de los objetos de aprendizaje, como contribución eficaz al ámbito de la teoría y práctica de la educación.

7.1.3.2. La granularidad de los objetos de aprendizaje

Una definición de granularidad “se refiere al tamaño de los objetos de aprendizaje [y]...es una condición necesaria para que los objetos de aprendizaje se compartan y se reutilicen” (Duncan, 2003). Tal definición es problemática, precisamente debido a la tendencia en igualarla al concepto de tamaño y no en la discreción y embasamiento en un único concepto u objetivo de aprendizaje, como lo sugiere (Nicol, 2003).

En cuanto a su relación con la reutilización, los recursos más grandes poseen también un valor educativo más grande, y necesitan menos tiempo para que un profesor los reutilice, frente a la tarea de reestructurar un curso a partir de componentes básicos. Sin embargo, también proporcionan menos oportunidades de reutilización, de manera que se observa una tensión entre el valor educativo y la maximización de la reutilización (Littlejohn, 2003).

Los niveles de granularidad posibles, según (CEN/ISSS, 1998), son cuatro. En el nivel 0 se encuentran los “átomos”, aquellos ítems de datos por separado, como por ejemplo, un

fragmento de texto, una imagen o un video. En el nivel 1, las **“unidades de contenido”** que consisten en recursos autocontenidos, no apropiadas para dividirse. En el nivel 2 estarían las **“unidades compuestas”**, grupos más grandes de unidades de contenido, probablemente dotados de navegación dentro de un sistema. Por último, el nivel 3 comprende a los **“cursos”**, aquellas experiencias de aprendizaje compuestas, dotadas de acreditación y duración temporal más larga, y se caracteriza por ser el mayor nivel de granularidad.

Según García Carrasco y sus colaboradores (2002), “al permitir la integración de materiales con distintos niveles de granularidad, se facilita la creación de programas de teleformación a partir de repositorios comunes de información, que pueden contener materiales producidos por distintos proveedores”.

Las cuestiones de granularidad y estructuración de los objetos de aprendizajes según secuencias predefinidas llevan a una propuesta para establecer una taxonomía de objetos de aprendizaje que sea neutral en relación con cualquier teoría instructiva, de forma que también sea universalmente compatible. El objetivo de una taxonomía así es acelerar la adopción en la práctica de los objetos de aprendizaje, permitir la aplicación simplificada de cualquier teoría instructiva a estos objetos y proporcionar un terreno común para la investigación futura de esta tecnología (Wiley, 2000).

Los objetos de aprendizaje situados en la categoría de **fundamentales** consisten en recursos digitales individuales, aunque se puedan combinar con cualquier otro objeto.

Los objetos **combinados-cerrados** consisten en un número pequeño de recursos combinados en el momento de su diseño, cuyos objetos componentes no son posibles de reutilizar a partir del objeto mismo, como por ejemplo un vídeo que no se puede separar de su banda sonora. Suelen poseer un objetivo único, de instrucción o práctica.

Los objetos **combinados-abiertos** están compuestos por un número grande de recursos, combinados en tiempo real, en la medida en que el objeto se solicita por un usuario. Sus objetos constituyentes pueden reutilizarse a partir del objeto mismo, como por ejemplo, las páginas Web que utilizan distintos elementos gráficos para su composición. Este tipo de objeto puede combinar objetos fundamentales y combinados-cerrados, para la creación de una unidad instructiva completa.

Los objetos **generativos-de presentación** utilizan una estructura y una lógica interna para combinar y generar objetos de menor nivel, sobre todo objetos fundamentales y combinados-cerrados, por ejemplo en la creación de presentaciones que se utilicen como referencia, instrucción, práctica o evaluación.

Por último, los **objetos generativos-instructivos** se encuentran dotados de una estructura y de una lógica para la combinación de los objetos anteriores, proporcionando

instrucción y práctica para cualquier tipo de procedimiento, además de la evaluación de las interacciones del estudiante con estas combinaciones.

Cada tipo de objeto de aprendizaje posee ocho características: el número de elementos individuales combinados (1), los tipos de objetos contenidos que se pueden combinar para formar un nuevo objeto (2), la presencia o no de componentes reutilizables (3), su función más común (4), la dependencia en relación con objetos externos, es decir, que pueden ser accedidos y reutilizados en otro contexto (5), el tipo de lógica en el objeto (6), el potencial para reutilización intercontextual (7) y el potencial para la reutilización intracontextual.

7.1.3.3. La reutilización de los objetos de aprendizaje

Como se ha comentado anteriormente, la noción clave de reutilización se vincula a la cuestión de la granularidad. Por un lado, cuanto más granulares son los objetos de aprendizaje, mayor es la probabilidad de que se puedan utilizar en un contexto distinto. Por otro lado, como tratar a cada gráfico o párrafo individual como un objeto individual requiere un esfuerzo de catalogación prohibitivamente caro, esta es una cuestión de eficacia, buscándose un equilibrio entre facilidad de reutilización y esfuerzo de catalogación.

En la literatura crítica, para la descripción de los objetos de aprendizaje como bloques de conocimiento reutilizables se utiliza frecuentemente la metáfora de los bloques de Lego™. Mientras que las metáforas pueden consistir un medio eficaz de comunicar una idea básica, a través de una imagen familiar y tradicional, también pueden condicionar el pensamiento e influir negativamente en el desarrollo del concepto. Particularmente, la metáfora del LEGO™ revela algunos fallos; en este juguete, por ejemplo, cualquier bloque se puede combinar con otro, los bloques se pueden combinar de cualquier manera que se quiera, se trata de algo divertido e incluso los niños pueden utilizarlos. Esta metáfora, por lo tanto, puede equiparar los objetos de aprendizaje con “objetos de información” y establece una restricción innecesaria de lo que potencialmente pueden ser y hacer (Wiley, 2000).

Este autor propone, en cambio, la metáfora del átomo, que se distingue a de la del LEGO™ por el hecho de que no todo átomo se combina con otro, los átomos solamente se pueden combinar según estructuras prescritas por su estructura interna y se necesita un entrenamiento especializado para “manipularlos”. Llevando la metáfora del átomo más allá, para responder al problema de la granularidad, los átomos también se componen de bloques menores que a su vez también están compuestos por bloques menores (neutrones, protones y electrones, luego *quarks*, *anti-quarks* y *gluons*). Es la manera particular en que estos bloques menores se

combinan dentro del átomo que determina con qué otras estructuras va a ser compatible su combinación.

En cuanto a la necesidad de retención de información contextual, para que se obtuviera una reutilización máxima, los objetos no deberían contener información específica de una disciplina, curso o clase. Por otro lado, esta estrategia va en contra del modo en el que los profesores normalmente adaptan y modifican recursos para situaciones de aprendizaje. Una posible solución, entonces, es separar la información del contexto de los objetos, frente a tenerla incorporada.

La cuestión de la reutilización también se encuentra vinculada con la cuestión económica, por no decir que la justifica completamente:

La visión de una economía de objetos educativos implica la existencia de repositorios digitales distribuidos sirviendo a comunidades de usuarios a través de múltiples instituciones, sectores educativos y naciones (Littlejohn, 2003).

Entre las cuestiones asociadas con la reutilización y distribución compartida de recursos educativos, la adopción de una economía de objetos produciría cambios en las instituciones educativas, que dedicarían menos tiempo en crear recursos, y más a la creación de actividades y la contextualización de los recursos.

El grado de reutilización máxima se daría al compartir los recursos de forma transversal en las comunidades disciplinares; todavía no se trata de una práctica común en la educación, debido a diferencias en los lenguajes, organización y métodos de investigación utilizados. Las diferencias culturales e idiomáticas añadirían un nivel más de complejidad.

Cabe destacar que cuando se trata de objetos de aprendizaje autocontenidos, el uso y la reutilización son idénticos. Por otro lado, el caso más interesante de reutilización es reensamblar nuevas experiencias a partir de objetos existentes (Rehak & Mason, 2003).

También cabe destacar la existencia de distintos niveles de funcionalidad en cuanto a los objetos de aprendizaje existentes. En primer lugar existen objetos compartidos que se pueden recuperar pero no pueden ser reformulados (el caso más común). En objetos que puedan tener cambiado su propósito, su contenido se puede agregar o dividirse en módulos más pequeños, para permitir el intercambio (Treviranus & Brewer, 2003).

Idealmente, la reutilización se haría de forma automática, de modo el mismo sistema informático encontraría los objetos apropiados, extraería los fragmentos relevantes y ensamblaría la nueva experiencia “*on the fly*”, de acuerdo con los objetivos del aprendizaje, el conocimiento previo y las preferencias del aprendiz. De cualquier manera, los metadatos, al proporcionar

identificación sobre el objeto y su uso educativo resultan cruciales en el proceso de reutilización, sea este automático o manual.

En cuanto a la representación visual y semántica, la reutilización suscita problemas como la ausencia de una apariencia e interfaz comunes, y la secuencia de disposición y del posicionamiento de los elementos. En este sentido, el objeto agregado no debería resultar una experiencia con el efecto de “nota de secuestro” y no confundir al usuario con el uso de notaciones, estilo y referencias que no tengan sentido en su conjunto (Rehak & Mason, 2003).

Sobre la posibilidad de creación de cursos de forma automática a partir de bases de datos de objetos de aprendizaje, esta forma de agregación de contenido posiblemente sea la más eficaz en el entrenamiento profesional, con la enseñanza de temas basados en competencias y con el énfasis puesto en que las personas quieren o necesitan saber, frente a lo que hay a ser aprendido, que es la postura académica más tradicional. Por otro lado, Rehak y Mason (2003) mencionan que el grado con que es posible diseñar objetos de aprendizaje que lleven a experiencias de aprendizaje eficaces, sin la intervención de expertos, se cuestiona por la mayoría de los académicos.

Para Koutlis (1998) los componentes educativos tendrán sentido y utilidad para las comunidades de práctica en la medida en que hagan disponibles *kits* de construcción que permitan a los usuarios la creación de sus propios “micromundos”. Estos *kits* deben operar con una simplicidad del tipo “enchufar y usar”, a través de una red semántica de componentes interoperables. Los componentes deben situarse en un nivel conceptual adecuado a su audiencia, es decir, debe ser imposible descomponerlos más, dentro de un ámbito del conocimiento.

Koutlis (1998) comenta la necesidad de un núcleo de componentes críticos, que proporcionen funcionalidades fundamentales para el manejo de datos, cálculos y simulaciones, como por ejemplo componentes de base de datos, planillas y calculadora, herramientas para elaboración de gráficos, mapas y pizarra compartida.

La reutilización y adaptación de los objetos de aprendizaje también se justifica como posibilidad de satisfacer necesidades individuales de los estudiantes⁵. En este sentido, se observa un acuerdo en relación a que los objetos deben ser oportunos, personalizados y dirigidos, en función de las demandas del “*lifelong learning*”, para que el aprendizaje se adapte a la medida al contexto individual de cada persona (Rehak & Mason, 2003).

La personalización también se puede realizar en función de las demandas de accesibilidad, por ejemplo el intercambio de un componente de audio por uno textual en el caso

⁵ Técnicamente, las informaciones acerca de los aprendices se pueden describir a través de la especificación IMS denominada *Learner Information Package* (LIP), que recoge las preferencias individuales de estudiantes, a través de metadatos.

de personas con discapacidad auditiva, a la vez que también proporciona soporte a estilos múltiples de aprendizaje (*ver 5.3.6.2*).

Por otro lado, una recomendación poco comentada en la literatura es la necesidad de agregar modelos formales de diseño en los procesos de agregación / autoría de objetos digitales, de aprendizaje por ejemplo a partir de modelos creados por la ingeniería de hipermedia, como *Object-Oriented Hypermedia Design Model* (OOHDM) y *Relationship Management Methodology for Hypermedia Design* (RMM).

Como nota final, para Oliver (2003) la cuestión de la reutilización –así como cualquier innovación educativa– si está pensada en términos del ejercicio de poder, se relaciona con una tendencia a marginar a los académicos. Esto se revela en el análisis de la tecnología a través de valores propios de la administración, como la eficiencia y el control, de forma que el beneficio para los profesores es cuestionable, si estos no se ven involucrados en un proceso de evaluación crítica de la tecnología.

7.1.3.4. La evaluación y la certificación de la calidad

Tradicionalmente, la gestión de la calidad de recursos educativos como los libros se ha llevado a cabo por una comunidad de bibliotecarios profesionales, práctica que también se adopta en los repositorios de objetos digitales. Sin embargo, en una verdadera economía informativa, la proliferación de usuarios y de los recursos disponibles implica que más personas en la comunidad tendrán que adquirir estas mismas habilidades.

En la actualidad, el desarrollo y la mejoría continua de los materiales disponibles en los repositorios se realiza, o por lo menos se pretende realizar, a través de mecanismos de control de calidad, bajo la forma de la revisión por pares conducida por expertos en cada área temática, de los sistemas de recompensa social y actividades de soporte (Friesen, 2001). En este sentido, una concepción común es que el proceso de revisión por pares abre la posibilidad de que el instructor gane reconocimiento profesional, dentro de su comunidad, funcionando de esta forma como un incentivo los profesores (Anderson, 2003).

Por otro lado, los distintos proyectos de repositorios de objetos de aprendizaje adoptan guías de control de calidad propias, como forma de proveer un estándar de calidad y credibilidad, por lo menos internamente.

En el proyecto *Gateway to Educational Materials* (GEM) la selección de los materiales se realiza mediante una evaluación centrada en seis factores clave, basada en metodologías de evaluación de recursos en Internet (Harmon & Reeves, 1998; Wilkinson & Bennett, 1997), pero

reformulada para acomodar distintos formatos y varios tipos de actividad. La **exactitud** se relaciona con la fiabilidad y validez de la información, de forma que los hechos se presenten de forma imparcial y actualizada. La **conveniencia** se relaciona con el sentido de que el vocabulario y los conceptos utilizados deben ser apropiados para el nivel del aprendiz, y la información y procedimientos adecuados para el tema. La **claridad** debe estar presente en los objetivos, métodos, procedimientos y evaluaciones. La **plenitud** debe revelarse en la cobertura completa de la información más esencial y actualizada, además de la inclusión de prerrequisitos, actividades a realizar, materiales necesarios, información para la obtención de información adicional y criterios de evaluación. La **motivación** se relaciona con la implicación activa del aprendiz, con la presencia de actividades desafiantes, interesantes o atractivas, construidas sobre el conocimiento previo del aprendiz y que promuevan una participación significativa. La **organización** del recurso, a su vez, debe reflejar un desarrollo lógico y la claridad en cuanto a las acciones de usuarios e instructores, con facilidad de uso para ambos. Por último, una **categoría de evaluación general** describe la calidad global del recurso evaluado, según la evaluación de los otros seis ítems (Branch, s.d.).

Dentro de MERLOT se utilizan tres categorías de criterios para la evaluación de los materiales enviados. En cuanto a la **calidad** del contenido se analizan la presentación correcta y significativa de conceptos y modelos. La **efectividad potencial** como herramienta de enseñanza-aprendizaje se entiende como la posibilidad de mejorar las habilidades de aprendizaje, de integrarse en el currículo o de adecuarse a los objetivos de aprendizaje. Por último, la **facilidad de uso** se relaciona con la usabilidad, con la navegación, flexibilidad de uso y existencia de documentación y soporte técnico (MERLOT, 2000).

El repositorio The *Le@rning Federation* asume que la situación del aprendiz como elemento central de la sensatez educativa postula que los objetivos, significado y relevancia del contenido deben situarse en función del aprendiz y por lo tanto, del conocimiento de su perfil, en relación con la edad, afiliaciones culturales, idioma, estatus socioeconómico, conocimientos y habilidades previas (The Le@rning Federation, 2002).

Otros criterios de calidad son la unicidad del recurso como contribución para la base de datos, la adecuación al tiempo en el sentido de que se pueda utilizar más allá de la duración de determinado evento y la sensibilidad en relación con criterios de cultura, raza o género (Learn NC, s.d.).

Específicamente en ciencias, el proyecto *ScienceNetLinks* adopta criterios como la presentación de la ciencia como proceso o como herramienta de indagación abierta y libre de dogmas, la consistencia del contenido científico en relación con el conocimiento científico actual o si la información que se oferta complementa los estándares curriculares propuestos por el *Project 2061* o por le *National Science Education Standards* (ScienceNetLinks, 2002.).

Por último, Duncan y Ekmekcioglu (2003) plantean la posibilidad de creación de certificados de calidad que emerjan como estándares y que funcionen como “valor monetario” complementario al tradicional “derecho de libre utilización”, dada la percepción de que la ausencia de costes económicos implica materiales de calidad disminuida.

Hay que comentar que el problema de la calidad de la información científica también es común a las actividades de comprensión pública de la ciencia y la tecnología en general, y quizás más específicamente en la divulgación científica realizada a través de Internet. Entretanto, con la excepción de la información en salud, para la cual se ha adoptado un código de conducta con vista a la provisión de información fiable, denominado *HONCode*, se verifica la ausencia de criterios de calidad que pudiesen orientar tanto a los proveedores de contenidos como a sus usuarios. Quintanilla y Sabbatini (2004) proponen la adopción de un sello de calidad en información científica, bajo el auspicio de una entidad reguladora, que pudiese solucionar este problema.

7.2. Utilización pedagógica de los objetos de aprendizaje

Frente a las cuestiones de diseño o de desarrollo técnico, una cuestión de suma importancia es el papel de los objetos como soporte al aprendizaje. De esta manera, la teoría del diseño instruccivo, así como los criterios y estrategias para su aplicación, deben desempeñar un papel principal si los objetos de aprendizaje quieren tener éxito en la facilitación del aprendizaje (Wiley, 2000). El diseño instruccivo debe contemplar los contenidos, en cuanto a su selección, organización y adaptación a distintos usuarios, estrategias de enseñanza y forma de presentación, constituyendo puentes entre la teoría de enseñanza y la teoría del aprendizaje (Gros, 2000).

En cuanto a los atributos de los sistemas de distribución de los objetos de aprendizaje desde el punto de vista pedagógico. Si los sistemas se utilizan únicamente como un medio de distribución o como un entorno de desarrollo más económico, ¿cuál sería el cambio desde la perspectiva del aprendiz? Por lo tanto, un cambio verdadero implica la consideración del aprendiz como un agente activo en la creación y en el uso selectivo de los objetos de aprendizaje.

En este sentido, la teoría de diseño instruccivo más acorde con el concepto de objetos de aprendizaje es la teoría de transacción instrucciva, que adopta una representación del conocimiento como datos (objetos) y a las estrategias pedagógicas como algoritmos. Estos algoritmos instruccivos contienen estrategias de presentación, de práctica y de tutoría al alumno. Se trata de la aplicación de un modelo algorítmico computacional a la instrucción. Estas características crean el potencial para la reutilización y referenciación de los objetos presentes en

una base de datos, según una estrategia instructiva seleccionada por el alumno. Los mismos objetos, configurados de forma distinta, permitirían construir distintos tipos de presentación. A la vez que promueve la flexibilidad para el diseñador a la hora de elegir estrategias y recursos, requiere comparativamente poco compromiso del aprendiz.

Orrill (2000) propone su utilización como herramientas de soporte en entornos de aprendizaje basado en proyectos y en el aprendizaje investigativo. Este planteamiento se hace en función de la necesidad de desarrollo del pensamiento crítico y de habilidades para la solución de problemas, frente a esquemas instructivistas como es la teoría de la transacción instructiva; o sea, de la necesidad de “aprender a aprender” requerida en la actualidad. Así como en otros acercamientos pedagógicos, también se detecta la necesidad de tener buenos contenidos didácticos, por lo cual los objetos de aprendizaje podrían consistir una herramienta de soporte satisfactoria en entornos basados en el aprendizaje investigativo.

Bannan-Ritland, Dabbagh y Murphy (2000) proponen la aplicación de los principios constructivistas a los objetos de aprendizaje, con la consideración de los acercamientos teóricos correspondientes, para permitir actividades controladas por el aprendiz. En este campo, no se ha desarrollado todavía un sistema con estas características y se observa la predominancia del instructivismo, caracterizado por el contenido compartimentado y actividades en secuencia creadas por el instructor.

En estos entornos, la orientación a objetivos se hace necesaria para que los estudiantes desarrollen sus construcciones personales, mientras que en la organización previa de los materiales es necesario para que el aprendizaje ocurra. Estos mecanismos de soporte deben ayudar al estudiante a comprender sus objetivos y a establecer su estrategia de aprendizaje. En la práctica, las estrategias metacognitivas se reflejarían en cómo suscitar cuestiones acerca del interés del alumno en la materia y en la posibilidad de compilar sus preguntas bajo temas y categorías construidas individualmente.

Estos autores también detectan que la característica dinámica y flexible del medio es compatible con el acercamiento pedagógico constructivista.

El uso flexible de objetos permitirá que los aprendices utilicen los diversos niveles de representaciones del contenido para la creación, la elaboración o la construcción del significado individual, para mejorar su aprendizaje. De importancia primordial es el contexto en el cual el aprendiz se involucra y la manera en que relaciona los objetos para su propio propósito (Bannan-Ritland *et al.*, 2000).

En última instancia, un acercamiento verdaderamente constructivista permite que los aprendices organicen, reestructuren y representen su conocimiento al adaptar o crear, por sí solos, nuevos objetos de aprendizaje. Sin embargo, estos se deben contextualizar internamente hasta un cierto grado que promueva su contextualización (combinación) con un conjunto cerrado

de objetos de aprendizaje, mientras simultáneamente se previene su combinación con otros” (Wiley, 2000).

Como se ha visto anteriormente, un entorno constructivista se basaría en torno a un problema auténtico que proporcionara el contexto de motivación para el aprendizaje y por problemas abiertos, a los cuales los alumnos pudieran enfrentarse de forma creativa, sin una única respuesta correcta (*ver 6.3*). Por otro lado, el entorno también debe permitir la negociación social, para que el alumno pueda comprobar conocimientos con sus pares y compartir información y herramientas de auxilio (Orrill, 2000).

Un entorno de estas características debería proporcionar el acceso a la información a través de representaciones múltiples, de modo que los aprendices pudieran desarrollar una comprensión holística del tema, o como “anclas”, para proporcionar la comprensión del tema o de la disciplina, previamente a la realización de actividades (Orrill, 2000). A partir de una visión constructivista, los objetos asumen el papel de disparador de diálogos internos y externos (Littlejohn, 2003).

La aplicación de los objetos de aprendizaje como herramientas de auxilio, o “andamiaje”, se distingue entre el auxilio conceptual, en la medida en que los objetos ayudan a los estudiantes a centrarse en los conceptos clave de su comprensión y el auxilio estratégico, proporcionando una variedad de estrategias para que el alumno se acerque al concepto en cuestión. Otro tipo posible es el auxilio metacognitivo que a través de la reflexión promueve una auto-evaluación abarcando cuestiones como si los alumnos comprenden, si necesitan este contenido específico y la determinación de qué más necesitan saber. Se trataría de una evaluación del propio pensamiento, de una evaluación de modelos mentales para la detección de inconsistencias.

Martínez (2000) destaca la ausencia de una perspectiva más amplia de los factores psicológicos que influyen como una persona aprende en línea, que debería incluir las emociones y los factores sociales como factores críticos dentro del proceso. Esta autora propone el uso de las “orientaciones de aprendizaje” como estrategias y guías para el diseño, desarrollo y uso de objetos de aprendizaje para el aprendizaje personalizado, según la influencia de las emociones y las intenciones individuales.

El concepto de personalización aplicado a los objetos de aprendizaje resulta en objetos que tengan en cuenta cómo aprenden las personas de forma diferenciada, en otras palabras, de que a partir de ellos se construyan entornos adaptativos de aprendizaje. La premisa básica de la propuesta es la constatación de que los aprendices en línea no poseen la auto-motivación, la independencia, la eficacia y las habilidades de gestión del aprendizaje necesarias para aprender de forma continua y eficaz.

El aprendizaje personalizado requiere utilizar estrategias que pueden manejar necesidades y promover el éxito individual. Debe utilizar también tecnología para cambiar los objetos individuales presentados a cada aprendiz con base en sus necesidades individuales. La personalización puede asumir muchas formas en la medida en que adapta el contenido, las prácticas, las respuestas o la navegación para ajustarse al progreso y el desempeño individuales (Martinez, 2000).

Esta autora ha presentado una taxonomía, con cinco niveles de personalización, según una complejidad creciente.

En primer lugar, la **personalización por reconocimiento** trata de reconocer el alumno como un individuo, enseñando su nombre en pantalla o con la presentación en un momento oportuno de datos previamente almacenados.

La **personalización auto-descrita** se realiza a través de cuestionarios, encuestas o formularios de registro que permitan al alumno describir sus preferencias y atributos, con por ejemplo, la identificación de habilidades, conocimientos previos y experiencias pasadas.

La **personalización segmentada**, a su vez, consiste en la utilización de datos demográficos y encuestas para agrupar o segmentar poblaciones en grupos más pequeños y manejables.

La **personalización basada en la cognición** utiliza información acerca de los procesos cognitivos, para atender a tipos específicos de aprendices, a partir de datos recolectados o de actividades monitorizadas. En su versión más sofisticada engloba la comparación de las actividades con el comportamiento real del aprendiz, para predecir acciones futuras.

Por último, la **personalización de persona-integral** utiliza las denominadas orientaciones de aprendizaje, a partir de una perspectiva integral que incluya los factores psicológicos que afectan el desempeño. Este tipo de aplicación requiere una personalización en tiempo real, para modificar las respuestas proporcionadas al aprendiz en función de un modelo dinámico de su comportamiento, modelo este que también cambia durante el proceso de aprendizaje.

El concepto de orientación de aprendizaje se relaciona con la forma única y personal a través de la cual los individuos se acercan al aprendizaje, en la forma en que comprenden, evalúan y administran su aprendizaje para lograr sus objetivos. La orientación está compuesta de un foco conativo / afectivo que abarca al deseo y el compromiso para mejorar, transformar y alcanzar los objetivos; de la planificación estratégica para realizar su aprendizaje; de la independencia o autonomía, con el deseo y habilidad del individuo en asumir responsabilidad, elegir, controlar, auto-motivar, auto-evaluar y administrar su aprendizaje.

A partir de la conjunción de estos factores, también se puede elaborar una taxonomía de los tipos de aprendices, según su orientación particular. Los **aprendices transformadores** son muy motivados y comprometidos, tomando el aprendizaje como factor de innovación personal.

Se caracterizan por la utilización de estrategias de solución de problemas y de planificación, por la creatividad y capacidad de esfuerzo para lograr retos, y por determinar objetivos a largo plazo. Utilizan su independencia, persistencia y eficacia en el aprendizaje y crean expectativas positivas como elementos de auto-motivación y auto-dirección de sus estudios. En contrapartida, no dependen de fechas límites, de estándares normativos de desempeño o de motivaciones extrínsecas para su auto-motivación.

Los **aprendices realizadores** son auto-motivados en aquellas situaciones que les interesan. En otros casos, buscan motivaciones extrínsecas, intentando solamente alcanzar los objetivos explícitos, ahorrando esfuerzos y evitando la exploración más allá de lo que requiere cada situación. Asumen algún nivel de control y de responsabilidad, pero dependen de otros para ayudarles en la motivación y en el establecimiento de objetivos, plazos y dirección en los estudios. Suelen planificar a corto plazo, con una orientación a tareas específicas y por lo tanto con una visión menos amplia del proceso educativo.

Los **aprendices conformistas** se encuentran más conformes con el proceso educativo, aceptando el conocimiento, almacenándolo y reproduciéndolo para lograr tareas de rutina. No piensan crítica o analíticamente, ni solucionan problemas complejos ni evalúan su progreso de forma independiente o logran retos desafiantes. Estos aprendices demandan soluciones estructuradas, la disposición de “andamiaje” por parte del profesor, problemas simples, secuencias lineales de contenidos y respuestas explícitas. Tienen buen desarrollo en entornos estructurados y directivos, dotados de procedimientos paso a paso.

Por último, en los **aprendices resistentes** se detecta la ausencia de la creencia fundamental de que el aprendizaje puede ayudar a alcanzar objetivos personales, o de que la educación formal pueda ser algo positivo en sus vidas. Por otro lado, pueden ser aprendices motivados fuera de las instituciones formales de aprendizaje; mientras tanto enfocan su energía en resistirse al sistema formal.

Las orientaciones se pueden generalizar para cualquier situación y no son dominio de un entorno específico de aprendizaje. Además, no se acomodan dentro de una jerarquía de valor, sino que cada orientación posee fortalezas y áreas posibles de mejorar.

En cuanto a la aplicación de las orientaciones a entornos virtuales de aprendizaje, a cada tipo de aprendiz le correspondería una instancia de la aplicación. En el caso de los aprendices transformadores se recomienda la creación de entornos orientados al descubrimiento, la disposición no lineal de los materiales y actividades de resolución de problemas complejos. En entornos con estas características los aprendices son capaces de auto-motivarse y auto-administrarse. Los aprendices realizadores prefieren entornos orientados a proyectos o a tareas, dotados de actividades interactivas de manipulación (“*hands-on*”). Se hace más necesario, por otro lado, la utilización de ayudas y de retroalimentación para soportar la auto-motivación y la auto-

monitorización del progreso. Los aprendices conformistas se adaptan mejor a los entornos simples, dotados de “andamiaje” y de una guía constante para ayudar a que los aprendices se sientan a gusto en todo momento.

Por otro lado, también se verifican similitudes entre la utilización instructivista y la constructivista de los objetos de aprendizaje. En ambos casos, los objetos pueden transferirse a nuevas situaciones y combinarse para lograr una variedad de objetivos. El objetivo es el mismo, proporcionar información capitalizando la capacidad multimedia. La diferencia más grande, en cambio, es su dependencia en relación con un contexto más amplio, que contempla la negociación social el aprendizaje auto-dirigido y la práctica reflexiva.

A pesar de estas propuestas teóricas, también se necesitan estudios sobre el impacto de los objetos de aprendizaje desde la perspectiva del aprendiz, para la determinación de su utilidad y de su eficacia pedagógica (Anderson, 2003). Entretanto, los pocos estudios realizados se centran en la utilidad de los objetos de aprendizaje para el profesor, en ausencia casi total de los de la primera categoría.

El estudio de Howard-Rose (2003) realizado sobre el repositorio *Co-Operative Learning Objects Exchange* (CLOE) evalúa el impacto de los objetos de aprendizaje a través de una gama de disciplinas e instituciones utilizando instrumentos paralelos para permitir la comparación de variables. El análisis de las percepciones de los estudiantes acerca de los objetos de aprendizaje en cuanto a su valor educativo, valor añadido al proceso de aprendizaje y usabilidad ha resultado bastante positivo.

Según Oliver (2003), los objetos de aprendizaje asumen mayor importancia cuando los profesores experimentan “cuellos de botella”, o sea, dificultades en la enseñanza de un concepto particular. Para superar estas barreras, buscan entonces nuevas técnicas, por ejemplo, los recursos disponibles en repositorios. Según esta concepción, en la práctica los profesores no necesitan de un contexto, sino solamente el objeto mismo, dado que ya poseen una tarea.

Wetherill, Midgett y McCall (2002) presentan un estudio del impacto de los *applets* del proyecto *Illuminations* sobre el conocimiento de los profesores acerca de los contenidos, pedagogía y planificación instructiva en matemáticas. A partir de los datos recolectados, se percibió un aumento significativo en la habilidad de los profesores en explicar conceptos, además de reflexionar y planificar acerca de sus estrategias. A los profesores también se les facilitó la tarea de planificar acciones correctivas, a partir de la observación del aprendizaje en progreso, en otras palabras, de las actividades realizadas por los alumnos. Por último, también se detectó una convicción de que los padres al poder acceder desde casa a los *applets* podrán participar y ayudar más en el aprendizaje de sus hijos.

Jung y Broumley (2003) presentan los resultados de dos estudios realizados sobre la adopción de objetos de aprendizaje, en Corea y Escocia, que han utilizado variables de análisis

similares y tratado cuestiones relacionadas con la familiaridad y el acceso a la tecnología, la falta de tiempo para la aplicación y las preocupaciones acerca de la motivación y de las recompensas asociadas a la adopción de la nueva tecnología. Pese a que hay diferencias culturales significativas y organizativas, por ejemplo la adherencia a los estándares curriculares y la disposición del repositorio a gran escala en el caso norcoreano, frente a necesidad de crear los objetos por sí solos, en el caso escocés.

Por último, también se observa un intento de normalizar la aplicación pedagógica de los objetos de aprendizaje a través de un estándar educativo. De esta manera, surge el *IMS Learning Design* (LD) basado en la mencionada EML, que especifica una notación para la descripción de “diseños de aprendizaje”. En resumen, la aplicación de un diseño consiste en la elección de los objetos apropiados, de la forma de secuenciarlos y contextualizarlos y en la incorporación del producto dentro de un marco instructivo, así como de las actividades que alumnos e instructores deben realizar, siendo un meta-modelo pedagógico, es decir, un modelo para la modelación de modelos pedagógicos (Koper, 2001).

Este acercamiento surge como respuesta a una concepción del *e-Learning* centrada en objetos de aprendizaje y aprendices actuando de forma individual frente a una pantalla –principal fuente de preocupación en cuanto al valor pedagógico de los objetos de aprendizaje para la educación– frente a un enfoque centrado en la actividad de aprendizaje. Tales actividades pueden ser individuales o en grupo, diseñadas para alcanzar objetivos didácticos concretos y en este proceso pueden hacer uso de los objetos de aprendizaje.

En su esencia, se trata de asumir que el aprendizaje es distinto del “consumo de contenidos” y que los resultados provienen del hecho de que el aprendiz es activo, proceso que también se puede dar de forma socializada, a través del trabajo colaborativo en situaciones de resolución problemas (Tattersall & Koper, 2003).

Los diseños de aprendizaje especifican el papel de los profesores, alumnos y actividades dentro de escenarios típicos y establecen diseños que se podrían utilizar en contextos distintos, con distintos contenidos, aunque también se critique su capacidad para capturar la esencia de un acercamiento pedagógico.

En cuanto al potencial de reutilización, se podría dar de dos formas. En primer lugar, un determinado diseño, por ejemplo una actividad de aprendizaje por resolución de problemas, se podría aplicar a distintos dominios del conocimiento, con la variación del contenido y de las actividades. Por otro lado, distintos diseños se podrían vincular a un mismo contenido, que sería lo mismo que decir que un mismo objeto de aprendizaje se podría utilizar en distintos modelos pedagógicos.

Para su interpretación técnica sería necesario un componente de *software* que “ejecutara” el diseño. En el momento que se escribe no existe tal aplicación, con la excepción de un prototipo desarrollado por la OUNL.

Entretanto, el “*Learning Design*” es un modelo demasiado complejo. Se necesitan herramientas más simples, como por ejemplo un editor visual que sea a la vez suficientemente potente y sencillo para que se pueda utilizar ampliamente por los profesores. Además, dado el carácter abierto de la especificación, se pueden prever la distinción entre editores específicos para propuestas pedagógicas concretas y otros más generalizados y complejos capaces de abarcar una amplia gama de diseños (Sloep, 2003).

Hasta el momento los objetos que se podrían cambiar y reutilizar se limitaban a los contenidos; ahora sin embargo, es posible intercambiar diseños pedagógicos, así como los materiales que se acomoden en estos planes de estudio (Koper, 2001), aunque todavía no existan repositorios de diseños de aprendizaje. En última instancia, la aplicación de metadatos a los diseños mismos resultaría en la visión de las actividades de aprendizaje y los patrones de interacción como objetos en sí mismos (Littlejohn, 2003)

7.3. Repositorios (almacenes o escaparates) de objetos de aprendizaje

Como se ha visto, los objetos de aprendizaje atienden a un ideal de compartir recursos, por la intención de alcanzar una economía favorable, además de la dificultad de los profesores para encontrar recursos de calidad. El objetivo de los repositorios educativos es poner a la disposición de profesores y estudiantes material de aprendizaje apropiado y relevante.

Técnicamente, el acto de compartir y reutilizar objetos se realiza a través de repositorios digitales. Un repositorio se define como:

Una ubicación central en la cual un conjunto de datos se almacena y se mantiene de una manera organizada, generalmente en almacenamiento informático. Dependiendo de cómo se utiliza el término, un repositorio puede ser directamente accesible por parte de los usuarios o puede ser un lugar a partir del cual bases de datos, archivos, o documentos específicos se obtienen a través de la reubicación o de la distribución adicional en una red. (Friesen, 2003).

O de forma más sencilla, una “colección centralizada de archivos de metadatos”.

En un repositorio, los recursos pueden encontrarse distribuidos a través de la Web o situados en una ubicación central, pero también pueden apuntar a otros repositorios y colecciones. O en otras palabras, en los repositorios se observa la distinción entre proporcionar los recursos de aprendizaje y los listados de recursos de aprendizaje. En algunos casos, se adopta

una estrategia combinada (Downes, 2001). Friesen (2003) considera que el acercamiento centralizado puede resultar más útil para el sector primario y secundario, mientras que el modelo distribuido, pero certificado por la revisión por pares puede ser más adecuado para la educación superior, como en el caso del proyecto MERLOT.

Los repositorios centralizados poseen la ventaja del control, sobre la recuperación e indización de los objetos. Por otro lado, las estructura informáticas que los albergan pueden resultar insuficientes para acomodar todos los objetos que se creen. Los repositorios centralizados también presentan desventajas desde el punto de vista del flujo de trabajo, en la medida en que los objetos se almacenan distante de dónde se utilizan y obligan al usuario a estar en línea. En este sentido, el punto óptimo de almacenamiento es cerca del creador y cerca del usuario. El almacenamiento local también surge como posibilidad de que los usuarios mantengan colecciones personales de objetos que han influenciado su crecimiento intelectual, o que se puedan anotar para referencia futura (Hatala & Richards, 2002).

La diferencia entre un repositorio digital y un portal es la habilidad del usuario de recuperar un objeto de aprendizaje y situarlo en un nuevo contexto; de esta manera su objetivo no es solo el almacenamiento, sino compartir y reutilizar recursos. En comparación con las bibliotecas digitales, pese a que estos términos algunas veces se utilicen de forma intercambiable, hay una diferencia sutil, pues en los repositorios las personas pueden contribuir de forma activa, aportando recursos (Duncan, 2003).

Por otro lado, los repositorios son neutrales en relación con la pedagogía aplicada a los objetos de aprendizaje:

Los depósitos digitales, diferente de otras formas de tecnología educativa, no fuerzan a los participantes a un acercamiento particular, sino que muchas personas distintas pueden sostener muchas formas de aprender y enseñar con la utilización de un único repositorio (Duncan, 2003).

Los servicios externos básicos ofrecidos por los repositorios son el almacenamiento, la exposición y la entrega de objetos de aprendizaje.

Tarea definida por usuario	Respuesta del repositorio
Buscar, reunir, navegar	Exponer
Pedir	Entregar
Publicar	Almacenar
Repartir (a partir de otro repositorio)	Almacenar

Cuadro 7.1. – Servicios básicos de un repositorio (Duncan, 2003)

En cuanto a los roles de los usuarios, se distinguen varios. El bibliotecario es el responsable de mantener la clasificación del sistema y asegurar la integridad de los metadatos. Los contribuidores, pueden ser muchos, y son aquellas personas que envían material al repositorio y que lo distinguen frente a otras iniciativas como las bibliotecas digitales. Los prestatarios, son aquellos usuarios que utilizan regularmente el repositorio y pueden requerir personalización o servicios de valor añadido. Los usuarios ocasionales, en contrapartida, son usuarios invitados que pueden buscar y navegar en el repositorio, pero sin tener un espacio personalizado propio. El administrador se responsabiliza de mantener a los otros usuarios del repositorio. Por último, también es posible la existencia de usuarios no humanos como los agentes de *software*, actuando en nombre de entornos de aprendizaje u otros repositorios digitales, y que pueden iniciar consultas y descargas.

En la entrega (descarga) de un objeto de aprendizaje entra la cuestión de la aglutinación de los distintos sub-objetos que componen un objeto a través de lo que se denomina “empaquetamiento”. El empaquetamiento reúne todos los recursos necesarios para la ejecución del objeto, además de un manifiesto que ordena estos recursos y la organización a través de la cual se visualizan. También existe una especificación del consorcio IMS para definir estas reglas de empaquetamiento denominado *IMS Content Package Specification*. La idea de los paquetes consiste en la creación de una entidad más compleja, de una “representación estructurada de un conjunto de objetos independientes” (Downes, 2001).

Por otro lado, los repositorios también atienden a una multifuncionalidad; la utilización de sus recursos para la elaboración de cursos en línea es solamente una aplicación posible, pues también se podrían utilizar en revistas científicas y periódicos electrónicos, en sitios Web personales y en aplicaciones de gestión del conocimiento (Downes, 2001).

En el momento actual, sin embargo, los repositorios todavía no contienen gran cantidad de material, no son interoperables y no poseen funcionalidades estándares. En cuanto a los problemas tecnológicos, permanecen cuestiones de cómo integrar diversos componentes que utilicen distintos acercamientos pedagógicos o tecnologías (Rehak & Mason, 2003). Se percibe, así, la necesidad de mejoras en los repositorios, con la adopción de sistemas de categorización y búsqueda más eficaces y de una conexión más estrecha con los objetivos de aprendizaje (Downes, 2001).

La eficacia y la promesa de plena reutilización de los objetos de aprendizaje a partir de los repositorios dependen en gran medida de que tengan métodos de acceso e intercambio comunes, además de interfaces que simplifiquen la búsqueda a través de múltiples repositorios. La especificación desarrollada por el IMS denominada *DRI Digital Repositories Interoperability Specification* establece una base para un esfuerzo colaborativo entre tecnólogos la comunidad de las

bibliotecas digitales, para tratar la interacción entre sistemas de aprendizaje y repositorios distribuidos (Liber & Olivier, 2003)

Pero además de los temas técnicos, el advenimiento de los repositorios de objetos de aprendizaje plantea cuestiones como el control de la propiedad intelectual y la necesidad de cooperación, comunicación y de efectuar un cambio cultural en el sector educativo, además de las diferencias culturales en la educación desde la óptica de fronteras nacionales.

Por ejemplo, para la comunidad de profesores tampoco se encuentra suficientemente claro el valor añadido de colocar materiales en repositorios (Retalus, 2003), aunque se divisen estrategias como la participación de éstos en la evaluación de los materiales como elemento motivador.

Por otro lado, para alcanzar esta economía a escala es necesario suplantar la resistencia del profesorado, que se origina del hecho que los objetos de aprendizaje implican cambiar la forma en la que diseñan sus propios cursos; de la preferencia por utilizar recursos dotados de contextos, más que disgregados y descontextualizados, por la dificultad en catalogarlos con los metadatos educativos, y sobre todo; por la ausencia de una tradición de compartir recursos en educación. En su conjunto, estas dificultades llevan a creer que la actitud de compartir ocurre en pequeñas comunidades disciplinares más que de forma transversal al sector educativo en su totalidad (Nicol, 2003).

Igualmente, hasta que la infraestructura tecnológica se haga transparente para el usuario final, los educadores y desarrolladores tendrán que conocer algunos aspectos básicos de la tecnología, por ejemplo, qué es posible hacer con los objetos de aprendizaje, cuáles son las limitaciones de la tecnología actual, cuáles son los costes y beneficios de su creación, además de nociones técnicas sobre el proceso de crearlos, utilizarlos y mantenerlos.

La capacitación y entrenamiento de los profesores abarca cuestiones como en qué consisten los repositorios digitales, cómo descargar objetos con observación de los derechos digitales e incorporarlos a los materiales utilizando técnicas básicas de edición, así como estrategias para integrarlos de una forma coherente. Por su parte, también los estudiantes como usuarios de los repositorios, necesitan una alfabetización informativa, en cuanto a su capacidad de búsqueda y recuperación de la información (Australian National Training Authority, 2003).

Jung y Broumley (2003) se cuestionan si los objetos de aprendizaje terminarán olvidados, así como otras tecnologías educativas que en su momento no han logrado realizar un impacto sobre el sistema educativo. Mientras que las lecciones aprendidas de implementaciones previas se pueden reciclar para el diseño de los productos subsecuentes, los objetos de aprendizaje todavía se encuentran en una fase inicial de desarrollo y por lo tanto, sujetos a cambios sustanciales. Además, se caracterizan por una flexibilidad de diseño e implementación distinta a la encontrada en las tecnologías anteriores.

En cuanto a la continuidad de los repositorios, distintos proyectos en operación se plantean acciones de promoción junto a los profesores, además de actividades de entrenamiento y soporte en la utilización de objetos digitales. La cuestión de la continuidad se relaciona con la consideración de las implicaciones del uso e implementación de la tecnología en un contexto educativo previa a la implementación a larga escala (Bannan-Ritland *et al.*, 2000).

En el caso del repositorio canadiense CLOE, una estrategia para promocionar la difusión de su utilización, y consecuentemente su continuidad, es proporcionar “historias de caso”, que cuentan la historia de la creación, uso, adquisición, y reutilización de objetos, de forma que otros profesores vean cómo se han utilizado y puedan aprender a partir de la experiencia previa de otros (Jung & Broumley, 2003).

Thorpe, Kubiak y Thorpe (2003) señalan la posibilidad de que el co-diseño y el co-desarrollo de objetos de aprendizaje de forma transversal a instituciones sea una estrategia que promueva la reutilización y la difusión de esta tecnología, bajo la premisa de que los objetos se utilicen por más de un profesor inmediatamente después de su finalización.

Por último, algunos sectores consideran que el control de derechos digitales es un componente necesario y fundamental para permitir modelos de educación en línea innovadores. En este sentido, también se observan iniciativas de incorporación de sistemas de control de derechos digital⁶ (*Digital Rights Management - DRM*). Un estudio realizado por Ianella (2003) busca una visión comprensiva y estructurada del DRM, incluyendo los beneficios potenciales para el sector educativo, donde se produce un movimiento de uso y reutilización de recursos de forma natural e inherente. En la actualidad, se observa el desafío de crearse arquitecturas de información y un marco tecnológico capaz de acomodar a los distintos niveles de complejidad de los escenarios de utilización del control de derechos en el sector académico.

El control de derechos tiene un sentido más amplio que el concepto de seguridad / protección generalmente asociado e incluye gestionar la propiedad intelectual sobre el contenido, incluyendo la realización de ofertas a consumidores en función de determinados términos y condiciones de uso, la provisión de contenido a sistemas de gestión de contenidos en función de acuerdos de utilización, la interacción con sistemas de comercio electrónico para la realización de pagos, la realización de informes sobre el uso de licencias y la distribución de los ingresos por la utilización de los derechos.

La imposición de derechos es el proceso para asegurar que el contenido se utilizará sólo en los términos y condiciones previstos; por ejemplo asegurar las restricciones de uso en determinada franja temporal, asegurar que el contenido no se distribuye públicamente y asegurar

⁶ Cabe notar que en el concepto de control de derechos de digital, el término “digital” se refiere al control, y no a los contenidos protegidos, pues también se puede aplicar a contenidos no digitales, de valor tangible o intangible.

la encriptación y descryptación autorizada. Se trata, por lo tanto, de la “cara pública” de los sistemas DRM.

El DRM afecta a todos los actores, proveedores de contenidos, desarrolladores de sistemas, personal académico, administradores y estudiantes y requiere estrategias para tratar las cuestiones políticas y culturales que adquieren un carácter equivalente a de las técnicas. En el momento en que se escribe, el marco tecnológico se propone a través de iniciativas como *Open Digital Rights Language* (ODRL), IMS y *OpenEbook Forum*.

7.4. Revisión de las iniciativas existentes

El proyecto MERLOT trata de investigar nuevas perspectivas acerca de cuestiones técnicas y sociológicas dentro de la dinámica de repositorios para el aprendizaje. Se ha diseñado principalmente para la educación superior. Consiste en una comunidad abierta de miembros que crece a través de la adición de materiales o de comentarios, revisiones y tareas asociadas a los materiales didácticos. Los objetivos de MERLOT son hacer los materiales en línea más accesibles para un gran número de profesores y estudiantes, desarrollar estándares profesionales para la elaboración de materiales digitales, involucrando a profesores en el proceso de revisión por pares por miembros cualificados de los cuerpos docentes y proporcionar un mecanismo para las instituciones para validar y compartir trabajos de calidad (O’Kane, 2000). El actual repositorio se construyó a partir de un modelo desarrollado por el *Center for Distributed Learning* de la *California State University*.

El proyecto *Educational Object Economy* (EOE) abarca a una comunidad de educadores, desarrolladores y empresas para la creación de objetos de aprendizaje basados en tecnología Java, como simulaciones, ilustraciones y ejercicios. El sentido de comunidad se da en función de que cada miembro aporta su contribución más significativa, no siendo necesario por ejemplo que los educadores dominen la tecnología para crear o modificar objetos; por otro lado, estos educadores también proporcionan sugerencias y conocimiento para mejorar la calidad de los materiales disponibles. Aunque se apoye por entidades pertenecientes a industria, al sector universitario y gubernamental, su mayor fuente de financiación proviene de la empresa *Apple*.

El proyecto *MarcoPolo*, lanzado en 1997, es una asociación entre organizaciones educativas líderes en Estados Unidos y la Fundación MarcoPolo, con el objetivo de crear contenidos y actividades digitales para el aula distribuidos gratuitamente en Internet. En la

actualidad, abarca siete sitios Web específicos⁷, según la disciplina tratada y reflejando los estándares curriculares correspondientes, además de aglutinan los contenidos creados o enviados y revisados por las instituciones socias. En el caso de las ciencias, el sitio Web socio se denomina *ScienceNetLinks*, administrado por la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) y utiliza el estándar educativo de la propia *AAAS 2061 Benchmarks for Science Literacy*. El proyecto surge de la premisa de que es necesario aumentar la credibilidad y la calidad del contenido educativo en Internet, así como promover activamente su integración en los estándares curriculares, además de establecer patrones de calidad, experiencias educativas transdisciplinarias y buenas prácticas en innovación tecnológica (MarcoPolo, s.d.).

El proyecto GEM surge como consecuencia de un mandato presidencial para potenciar la educación tecnológica en las escuelas norteamericanas, y reúne el esfuerzo de varios grupos como el Departamento de Educación, *National Library of Education* y la *Syracuse University*, con el objetivo de proporcionar materiales educativos a través de la Web, como lecciones, páginas Web educativas y páginas relacionadas con museos, previamente revisadas y catalogadas por expertos. Teóricamente, se trata de reducir el tiempo que los profesores gastan en la búsqueda de estos materiales, al filtrar contenidos irrelevantes o de baja calidad, permitiendo además la búsqueda según tópicos o niveles de dificultad (Fitzgerald, 2002).

En el proyecto *Collaborative Online Learning and Information Services* (COLIS) el listado de servicios adicionales al repositorio identificados incluyen además herramientas de autoría que permiten a los contribuidores crear, editar y anotar objetos, utilidades de importación y exportación de contenido, interfaces de administración de los recursos con capacidad de control de derechos y versiones y además perfiles de aplicación que permiten la utilización en una variedad de dominios.

Particularmente en Canadá se observa la existencia de distintos proyectos relacionados con objetos de aprendizaje y sus repositorios. La iniciativa *Alberta Online Portal* se caracteriza por un enfoque regional, involucrando estudiantes, profesores, padres y aprendices adultos, con la oferta de materiales de alta calidad, agregados a partir de fuentes públicas y privadas, integradas en un todo “sin costuras”. De forma similar, en el *Campus Alberta Repository of Educational Objects* (CAREO), la construcción del repositorio se opera alrededor de los principios de objetos de aprendizaje reutilizables y modulares, con la organización de los recursos a través de metadatos.

⁷ Los sitios Web disciplinares son *ARTSEEDGE* dedicado a las artes y mantenido por el *John F. Kennedy Center for the Performing Arts*; *EconEdLink*, dedicado a la economía y mantenido por el *National Council on Economic Education*; *EDSITEment* tratando los temas de arte, cultura y literatura y mantenido por el *National Endowment for the Humanities*; *Illuminations*, en matemáticas, por *The National Council of Teachers of Mathematics*; *ReadWriteThink*, tratando de lectura y lenguaje y promovido por *International Reading Association* y *The National Council of Teachers of English*; *Xpeditions*, en el área de geografía, por la *National Geographic Society*, además del mencionado *ScienceNetLinks*.

A partir de la premisa de que el almacenamiento local sea una alternativa para que los usuarios desarrollen sus colecciones individuales de objetos de aprendizaje, se realiza la propuesta de una red “*peer-to-peer*”, par a par, para el almacenamiento descentralizado e intercambio de objetos de aprendizaje. A través de la información proporcionada por los metadatos, otras personas pueden buscar y recuperar directamente los objetos a partir del equipo informático del creador. El Proyecto *Portal for Online Objects In Learning* (POOL) crea una infraestructura tecnológica heterogénea, conectando repositorios individuales e institucionales, con la participación de tres tipos de pares. El SPLASH es un cliente “*desktop*” comunicando con otros pares a través de un protocolo establecido, y disponiendo de una herramienta de creación de metadatos y de capacidad de búsqueda en la red. El programa utiliza código abierto y se distribuye libremente, con el objetivo de crear miles de pequeños repositorios por estudiantes y profesores, para lograr una mayor aceptación de la tecnología de objetos de aprendizaje. Los POND, desempeñan el papel de colecciones maduras o con temas comunes, de galerías selectivas de objetos de aprendizaje. La tecnología utilizada facilita la creación de estas galerías, atendiendo a demandas de comunidades específicas. Estos repositorios también pueden buscarse por los clientes SPLASH. Por último, el POOL Central es un par especializado conectado a Internet de alta velocidad, cuya función es replicar las búsquedas a través de otros pares, agilizando el funcionamiento de la red. El Proyecto POOL es uno de los proyectos llevados a cabo en Canadá para la creación de colecciones de objetos de aprendizaje de alta calidad y su interoperabilidad permite la conexión con otros repositorios, como por ejemplo, *Canadian Learning Objects Metadata Repository* - CanLOM y CAREO.

En el ámbito universitario el *Co-operative Learnware Object Exchange* (CLOE) es un proyecto de colaboración de ocho universidades de Ontario cuyo objetivo es desarrollar una infraestructura innovadora para el desarrollo común de recursos de aprendizaje interactivos, aumentando las posibilidades de acceso al aprendizaje a través de la reutilización, además de promover el cambio cultural exigido para que el *e-Learning* alcance su potencial (Carey, 2001).

El proyecto *The Inclusive Learning Exchange* (TILE) tiene como objetivo crear un repositorio de objetos de aprendizaje centrados las necesidades individuales de los aprendices, en cuanto al conocimiento previo, estilo de aprendizaje, orientación de aprendizaje y sobre todo de las personas discapacitadas. Las implicaciones técnicas para el repositorio son la demanda de independencia del contenido frente a la presentación, con formas de soporte para transformaciones de un medio a otro equivalente. Otra premisa del proyecto es que al incluir a las personas discapacitadas se avanzará el desarrollo de los objetos para todas las personas (Treviranus & Brewer, 2003), de manera similar a lo que se planteó en relación con la accesibilidad en los museos virtuales (*ver 5.3.6.2*).

Fruto de los llamamientos mencionados en las motivaciones subyacentes al desarrollo de los objetos de aprendizaje (*ver 7.1.3.*) y financiada por el plan de innovación nacional australiano, la iniciativa *The Learning Federation Initiative*, está desarrollando un cuerpo de contenidos digitales, una infraestructura de soporte para el acceso a este contenido dotada de mecanismos de control de derechos digitales y, en última instancia, en la creación de un mercado para la educación digital. Además de la utilización de metadatos, prevé la creación de estándares para tratar las cuestiones de la accesibilidad, de la “solidez” educativa, del control de derechos y del desarrollo de contenidos.

En Brasil, el *Laboratório Didático Virtual* del CEPA – *Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada* del Instituto de Física de la Universidad de Sao Paulo trata de establecer una comunidad de aprendizaje, apoyando las actividades escolares con iniciativas generadas por la universidad, como la producción de material encomendado por profesores, la capacitación de los profesores en la utilización de la tecnología vinculada a la enseñanza, el soporte pedagógico a distancia y presencial y la monitorización y acción correctiva. Se busca la creación de un entorno tecnológico que permita compartir recursos educativos y facilite la comunicación entre estudiantes, profesores y educadores, contribuyendo a la innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Marques & Nunes, 2001).

Basado en el citado proyecto *Educational Object Economy*, utiliza el estándar IMS para la descripción de metadatos. Los servicios tratan de facilitar la interacción entre pares y la inclusión de comentarios y sugerencias, a través de los cuales los profesores pueden relatar sus experiencias en la utilización de los objetos, sugiriendo clases o proyectos. Los materiales educativos se incorporan a un repositorio que es complementado por material producido y catalogado por otros centros.

Esta iniciativa atiende a la concepción de que en el campo de las nuevas tecnologías, no basta con introducir las nuevas herramientas de manera gradual, sino que también es necesario divulgar las nuevas posibilidades por medio de éxitos significativos en cada área, exponiendo las dificultades y cómo pueden superarse y los beneficios obtenidos. Entre los objetos se incluyen bancos de cuestiones, con la posibilidad de utilización en procesos de evaluación.

Otras características de este proyecto, además de estimular el aprendizaje de ciencias a través de la utilización de material multimedia interactivo, es la introducción de temas contemporáneos presentados a partir de noticias científicas escritas por investigadores en un lenguaje asequible y un servicio de respuesta a preguntas realizadas por alumnos. También cabe destacar que en un entorno con estas características, la integración recursos educativos de nivel superior y con otras bases de datos de objetos educativos ocurre de manera natural y amplía la oferta, facilitando la creación de comunidades virtuales.

En el ámbito de Latinoamérica, surge la iniciativa de la *Red Internacional Virtual de Educación* (RIVED) cuyo objetivo es mejorar el aprendizaje en ciencias y matemáticas. Este desarrollo se propone a través del establecimiento de normas de aprendizaje, traducidas a actividades pedagógicas y materiales didácticos multimedia distribuidos a través de la Web. Otro aspecto llamativo es su desarrollo dentro del marco de los planes de estudio de los países participantes, funcionando como un elemento complementario del aula, y buscando además el papel del docente como facilitador y del alumno como sujeto activo en el proceso de aprendizaje. Después de una fase piloto, de 3 a 4 años de duración realizada en Brasil, Venezuela y Perú, con la introducción en cincuenta escuelas de cada país, se pretende extenderlo a las escuelas secundarias conectadas a Internet y ampliar la red a otros países de América Latina y el Caribe.

Los materiales desarrollados pretenden el desarrollo del raciocinio y del pensamiento crítico, o “*minds-on*”, de cuestiones relevantes para los alumnos, o “*reality-on*” y de oportunidades de exploración, o “*hands-on*”. Desde una perspectiva más amplia, la red RIVED trata de tres redes relacionadas. Una primera red integra a los creadores de contenidos electrónicos, especialistas y técnicos trabajando conjuntamente para elaboración de módulos virtuales que incluyan el “plan total de estudio de las ciencias y la matemática de los últimos dos años del ciclo superior de la enseñanza media”. La segunda es una red física de distribución de los contenidos, ajustada a situaciones de conectividad limitada, en función de las limitaciones en el acceso a Internet observada en las escuelas participantes. Así, los contenidos se almacenarán localmente en servidores intermedios, además de la distribución de vídeo a través de DVD o cintas más que a través de la red. Por último, la red humana de escuelas participantes establece como prerrequisitos de participación una infraestructura satisfactoria y el compromiso con la metodología propuesta. Esta red humana necesita la orientación y la sensibilización respecto de la red virtual; las acciones de capacitación personal giran en torno a las normas establecidas para la enseñanza de las ciencias y las matemáticas y de módulos de guía docente asociados a cada material.

La *National Science, Mathematics, Engineering and Technology Education Digital Library* (NSDL), cuyo principal patrocinador es la *National Science Foundation* de Estados Unidos, tiene como objetivo servir a una audiencia amplia, desde las escuelas primarias hacia el aprendizaje adulto continuo, en los entornos formales e informales de la educación. Proporciona el acceso a materiales interactivos de aprendizaje, y caracterizándose por la amplitud y profundidad de los temas cubiertos, además de la fiabilidad y autoridad en cuanto a su calidad (Wattenberg, 1998).

A través de esta biblioteca se busca un entorno informativo integrado, con la interacción del usuario con un todo coherente, más que con colecciones dispersas (Lagoze *et al.*, 2002) realizan la descripción técnica de los servicios centrales de tal biblioteca, que se dividen en

el repositorio de metadatos, en los servicios de búsqueda, en la administración de accesos y en las interfaces de usuario y portales de acceso.

Se trata de un desarrollo distribuido, dividido en áreas funcionales según la arquitectura propuesta, para la creación del sistema nuclear (coordinación y gestión de las colecciones y servicios, desarrollo del portal central), servicios (para los usuarios y proveedores de colecciones, aumentando el valor y eficiencia de la biblioteca), colecciones (aglutinación y gestión de subconjuntos del contenido de la biblioteca a partir de áreas temática o especialidades) e investigación dirigida (exploración de tópicos específicos de aplicación inmediata a las otras sendas de investigación).

En ciencias, los proyectos de colecciones a destacar son *Biology Education Online – An Interactive Electronic Journal*, *A Digital Multimedia Library for Health Sciences Education*, *Bioscience Education Net*, *Atmospheric Visualization Collection*, *MATHDL – A Library for Online Learning Materials in Mathematics and its Applications* y *A Digital Library Network for Engineering and Technology*.

Entre los servicios ofrecidos por la NSDL se plantea el acceso administrado para determinados grupos de usuarios finales, según las políticas de uso previamente establecidas. Otros servicios de orden social son la creación e incorporación a grupos de discusión, la realización de preguntas a “*help desks*” mediados por personas y la participación en actividades educativas colaborativas o para el desarrollo de la biblioteca (Fulker & Janée, 2002).

Zia (2000) describe el *National Engineering Education Delivering System* (NEEDS), una arquitectura de biblioteca digital distribuida para posibilitar nuevos modelos pedagógicos en el aprendizaje mediado por Internet. Este proyecto asume la visión de que una biblioteca digital debe ser más que la biblioteca tradicional en forma digital, sino una comunidad de aprendices, abarcando a profesores y estudiantes.

La asociación *National Engineering Education Coalition* pretende utilizar las tecnologías educativas como factor de cambio en la educación en ingeniería. Iniciada en 1989, y contando por lo tanto con una década de experiencia busca soportar el desarrollo, uso y reutilización de recursos educativos de índole diversa, desde tópicos de corta duración hasta cursos completos, o en la forma de elementos modulares para reutilización y aglutinación de contenido. Técnicamente, ha partido desde el formato bibliográfico MARC, para una posterior adaptación a las especificaciones IMS, además de la migración hacia un entorno Web.

El proyecto asume criterios de elaboración centrados en el estudiante, con la incorporación de una ideología educativa y la valoración del aprendizaje constructivista. La aplicación de la teoría a la práctica se traduce en el diseño instructivo, intentando promover la interactividad, el cambio conceptual y el uso de multimedia. El uso del diseño instructivo del *software* busca la atracción en cuanto a la interfaz y la navegación, y en cuanto a los contenidos, la precisión, organización y consistencia con los objetivos.

Una estrategia para difundir el uso de materiales didácticos digitales, además de fomentar la calidad de estos materiales, es la adopción de un premio, denominado *Premier Award for Excellence in Engineering Education Courseware*, proporcionando el reconocimiento de la alta calidad, entendida como aquellos materiales que consideren a la experiencia educativa como un todo y que posean la capacidad de mejorar los procesos educativos.

En cuanto al registro de usuarios, se destaca la posibilidad de facilitar el seguimiento de quienes, donde y cómo se utilizan los materiales, para facilitar una retroalimentación a los autores; por ejemplo, la detección de aquellas aplicaciones más solicitadas serviría como modelo para el desarrollo posterior.

El objetivo de la *SMETE Open Federation* es promocionar y mejorar la enseñanza y el aprendizaje en ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología en la enseñanza primaria y superior. La idea de federación se basa en el hecho que el todo es más grande que la suma de las partes, con cada miembro contribuyendo a una misión claramente definida y en que este todo puede desarrollar colaboraciones activas con la industria, organizaciones culturales y sociales e instituciones de investigación para asegurar la estabilidad y la continuidad del proyecto. La infraestructura tecnológica común de esta iniciativa ha originado la creación de la *SMETE National Library*, que sirve como organización integradora de varias bibliotecas digitales federadas y proporciona acceso directo al material pedagógico de sus diversos miembros, incluyendo MERLOT, NSDL, entre otros muchos.

El Proyecto *CANDLE* y la red *EUNICE* establecen una red de instituciones de Alemania, Holanda, Francia, Inglaterra, Noruega, España e Italia cuyo objetivo es el intercambio de materiales de enseñanza superior a través de la red, a partir de la creación y reutilización de objetos de aprendizaje, así como la evaluación de la reutilización de estos materiales en los distintos países. Los resultados de las evaluaciones ponen en evidencia la existencia de aspectos culturales, como la variación en los tópicos, en los vocabularios temáticos, en los sistemas de crédito, así como la resistencia a compartir recursos y a utilizar materiales desarrollados por otros profesores, entre las principales dificultades encontradas (Wetterling & Collis, 2003).

El proyecto de ámbito europeo *Universal Exchange for Pan-European Higher Education - UNIVERSAL* es un experimento para demostrar el intercambio de “recursos de aprendizaje” entre instituciones de enseñanza superior en Europa. El proyecto se acerca al “*business-to-business*”, estableciendo una plataforma de “corretaje” diseñada para soportar ofertas, pedidos, reserva y entrega de estos recursos educativos (Brantner *et al.*, 2001). Quizás la innovación más grande en relación con otros repositorios es el establecimiento de un “motor de contratos” implicado en el proceso de ofertas y requisiciones de los objetos de aprendizaje, manejando cuestiones de autenticación de usuario, y en el futuro, incluso de cobro.

A partir de la iniciativa del MIT denominada *OpenCourseWare* (ver 7.1.3.) se ha derivado una iniciativa más amplia, denominada *Open Knowledge Initiative* (OKI), realizada conjuntamente entre el MIT y la *Stanford University*, con la posterior incorporación de otras universidades y facultades. La iniciativa trata de la elaboración de estándares para reutilización de materiales didácticos, además de posibilitar el aprendizaje adaptativo/individualizado y garantizar la migración, interacción y modificación a partir de otras plataformas tecnológicas utilizadas por estas instituciones (Livingston-Vale & Long, 2003).

El proyecto *ARKive*, iniciativa del *The Wildscreen Trust*, se anuncia como el “arca de Noé, de la era moderna” y comprende una biblioteca digital centralizada de películas, fotografías y otros registros de especies animales en extinción o amenazadas de extinción, en un “esfuerzo de conservación virtual”. A la vez en que reunir y preservar un registro histórico es un objetivo importante en si mismo, las imágenes también constituyen herramientas de carácter emotivo, sirviendo para que los ambientalistas puedan educar al público general sobre la necesidad de conservación. En la actualidad, el archivo dispone de registros de cerca de 500 especies. El proyecto también cuenta con otros dos sitios Web relacionados, dedicados a la educación: una versión específica para niños, llamada *Planet ARKive*, y otra para profesores, educadores y padres, dotada de planes de lección, ideas de proyecto y materiales de soporte, llamada *ARKive Education*.

A partir de esta exposición teórica que ha abarcado los conceptos de virtualidad y de su relación con el real, del movimiento de la comunicación pública de la ciencia, de la alfabetización científica y de la educación de ciencias, de los procesos de aprendizaje en los museos, así como su conjunción en el concepto de museo virtual y de sus respectivos procesos educativos, con especial enfoque en los experimentos virtuales, y terminando por la concepción de los objetos de aprendizaje como una tecnología integradora de las distintas iniciativas en el desarrollo de materiales didácticos digitales, en la próxima sección se aplicarán estos conceptos al desarrollo de una exposición virtual que atienda a los planteamientos teóricos identificados en todos estos ámbitos.

**Parte II – Panorama de los museos científicos y centros de ciencia
virtuales en Iberoamérica**

Capítulo 8 – Análisis de los contenidos informativos y educativos

El objetivo de este capítulo es analizar cómo los museos y centros de ciencia de Iberoamérica, están utilizando las nuevas tecnologías de información y comunicación, particularmente Internet y la World Wide Web para constituir el llamado “museo virtual” y cumplir su misión de informar, educar y aumentar la percepción pública sobre la ciencia y la tecnología.

La motivación surge de la constatación de que cada vez más se observa la presencia de las nuevas tecnologías de comunicación digitales en todos los ámbitos de la sociedad, con una utilización cada vez más extendida en todos sectores, particularmente en todo lo que se refiere a la diseminación de la información. Además, la apertura de nuevas posibilidades de interacción entre todo tipo de instituciones y los miembros individuales de la sociedad provocan la creación de nuevos espacios de flujo comunicativos, con distintas concepciones del espacio y del tiempo, donde van operar gran parte de la cognición y de las relaciones humanas.

En este escenario observamos una paradoja, en la cual estas tecnologías de comunicación e información han cambiado el panorama de la comunicación científica –por lo menos aquella realizada entre los científicos– y sin embargo los centros y museos de ciencia han permanecido ajenos a esta situación, con el mantenimiento de prácticas tradicionales y con la limitación de un uso innovador de las tecnologías. Cabe destacar que tradicionalmente los museos han reaccionado de forma más lenta que las empresas para integrar nuevas tecnologías e infraestructuras y muchos museos se han visto intimidados por los retos inherentes a la integración de la tecnología Internet (Bowen, 2000).

8.1. Introducción

Notablemente, la incorporación de estas nuevas tecnologías en el ámbito iberoamericano posiblemente no sólo se ha dado de forma más tardía, sino que el aprovechamiento de las nuevas posibilidades que el museo virtual permite –en términos de nuevas experiencias de interacción con objetos virtuales y con sus interfaces de acceso, de comunicación dialógica entre el museo y el visitante, de creación de comunidades virtuales con intereses especiales alrededor del museo, de complementación de las actividades realizadas en el museo físico– no se ha realizado de manera completa:

Realizando un análisis general sobre algunos de los museos virtuales españoles cabe decir que, excepto algunos casos, la mayoría basa su página *Web* en la presentación de información del museo real, en mostrar las actividades que se ofrecen desde el museo real, así como el comentario de las piezas que alberga. Muchos de ellos no ofrecen actividades didácticas *on line*, no posibilitan que el docente pueda obtener los materiales

didácticos antes de realizar la visita, no existe una “visita” virtual que permita al usuario hacerse una idea de cómo es el museo (Serrat, 2001).

Esta misma tendencia la hemos notado en visitas que hemos realizado en plan exploratorio a diversos museos virtuales, con la observación de que hay una gran discontinuidad entre lo que están realizando algunos museos de Estados Unidos, Gran Bretaña y Australia y aquellos ubicados en Ibero América.

Se pretende, de esta forma, realizar un análisis sistemático y profundo, identificando cuáles son los contenidos, funcionalidades y abordajes del museo virtual, con especial énfasis en nuestra realidad. Aunque se puedan encontrar en la literatura sobre el tema encuestas similares acerca de la información presente en museos virtuales, ninguna se ha dedicado exclusivamente a los museos de ciencia y tampoco hemos podido encontrar investigaciones que consideraran a museos hispanoparlantes o lusófonos. También consideramos que el instrumento de investigación elaborado para la realización del presente análisis es más completo que los encontrados en otros trabajos, al incorporar elementos y conceptos que se han extraído de una revisión del estado del arte del museo virtual (*ver Capítulo 5*). A través del análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados, esperamos poder establecer un estudio comparativo entre distintas regiones geográficas en la utilización de los museos virtuales.

8.2. Antecedentes y marco teórico

Las barreras financieras, tecnológicas y de cultura institucional han impedido que todos los museos se encuentren en línea, con sitios Web actualizados y disponiendo de recursos que permitan atender sus objetivos educativos y de investigación. Mientras tanto, los museos de ciencia que han empezado a poner en marcha sus iniciativas también se ven prácticamente obligados a realizar renovaciones o rediseños, con el objetivo de adecuar sus recursos a las nuevas capacidades tecnológicas y a las nuevas demandas de los usuarios. Para determinar la rentabilidad en términos de costes, sería importante determinar qué informaciones pueden cumplir funciones útiles para los visitantes (Bowen, 1999b). Con este objetivo específico en mente, o como parte de las evaluaciones de visitantes en línea, una serie de investigaciones han sistematizado los contenidos presentes en los museos en línea.

Goldman & Wadman (2002) han realizado tres investigaciones independientes pero relacionadas: el análisis de una muestra de 80 museos en el ámbito norteamericano e internacional determinada por una elección semi-aleatoria y tratando de incluir tanto la diversidad geográfica como de tamaño del museo, con el objetivo de determinar qué contenidos se

encuentran a disposición de los visitantes; una encuesta en línea realizada con los visitantes virtuales para determinar sus intereses y los patrones de utilización y por último, una serie de entrevistas telefónicas semi-estructuradas con el personal de los museos, para contextualizar la información obtenida.

A partir de los resultados se ha concluido que los contenidos disponibles no atienden a un objetivo específico único, predominando la diversidad de tipos y cantidades de información. La comprensión del contenido es fundamental para la comprensión de las elecciones realizadas por los usuarios durante la visita. Para cada categoría de observación se han cuantificado los siguientes resultados:

Tipo de información	
Porcentaje	
96%	Información logística
68%	Información sobre colecciones
21%	Base de datos en línea
92%	Información sobre exposiciones físicas
43%	Versiones en línea de estas exposiciones
12%	Exposiciones en línea no relacionadas con una exposición real
12%	“Tour” virtual en áreas específicas del museo
60%	Secciones de carácter educacional
66%	Calendario de eventos
40%	Información sobre miembros
44%	Tienda en línea
20%	Uso evidente de “plug-in”

Cuadro 8.1. - Adaptado de Goldman y Wadman (2002)

Para los autores, la visita de planificación es una actividad muy común y el reto consistiría en promover las post-visita, con el objetivo de extender las actividades educativas y el interés por sus contenidos.

Por otro lado, Kravchyna (2002) también ha realizado una investigación con el objetivo de determinar calidad y cantidad de información disponible, en este caso para un museo específico, el *African American Museum*, así como evaluar las necesidades educativas e informativas de los visitantes virtuales de esta institución. La metodología empleada ha utilizado un primer conjunto de cuestiones relativas al *software* disponible, un segundo conjunto relativo a la frecuencia de visitas virtuales y un tercer conjunto relativo a la información buscada en museos virtuales, en otras palabras, el objetivo de la visita. Se ha inferido que la mayoría de las personas (57%) utiliza el museo antes y después de la visita física y de que el 56% de los visitantes buscan la dirección física del museo; el 87% de los encuestados buscan informaciones acerca de eventos especiales en el museo, posiblemente por motivos de entretenimiento (72%); la compra de entradas o regalos todavía no es percibida como una necesidad (58%), el visitante medio (37%) no necesita informaciones de contacto con el personal. Asimismo, se ha verificado que el

porcentaje de las personas que no poseen las habilidades técnicas para utilizar audio (12%) y video (14%) son bajas.

En una investigación realizada por Futers (1997), utilizando como base el directorio de museos en línea llamado *Virtual Library museum pages* (VLmp) y mediante un cuestionario en línea, se han averiguado los intereses y las motivaciones de los usuarios. Según los resultados, 74% de las personas esperan encontrar una exposición en línea. También se destaca el interés por informaciones sobre museos lejos de la localidad de origen del museo. Este hecho tiene importancia en la medida en que, mientras algunos de estos visitantes nunca visitarán el museo físico, otros estarán planificando viajes hacia la localidad del museo en el futuro, convirtiéndose en visitantes potenciales. Mientras tanto, los demás tendrán el conocimiento acerca de la existencia e imagen del museo reforzados. En suma, los visitantes virtuales tendrían mucha más probabilidad de visitar el museo físico en el futuro si hay un museo virtual asociado, disponiendo de información relevante, atractiva y actual. En esta investigación también se ha recuperado el carácter divertido y entretenido que se espera del museo virtual, con la consecuente necesidad de proporcionar material multimedia interactivo, pese a las limitaciones técnicas involucradas.

La encuesta, realizada por Ono (1998), ha utilizado directamente a los museos y sus responsables, más que el conjunto de sus visitantes. De un total de 986 museos, distribuidos en 26 países, se han obtenido 206 respuestas válidas (21%). Según los resultados obtenidos, 28% de los museos poseen 20 o menos páginas individuales y se podrían considerar como “folletos virtuales”, mientras que en el promedio se sitúan los museos medianos con 50 a 100 páginas individuales y solamente 16,1% poseen más de 500 páginas individuales, constituyendo sitios Web muy grandes. Coincidiendo con la encuesta anterior, un 52,5% de los museos ha afirmado que la colección del museo e informaciones sobre exposiciones son las áreas de mayor interés del público. Un porcentaje relativamente alto (36%) posee tiendas virtuales de comercio electrónico, dato que se ha interpretado como una posible desviación. A su vez, la venta de productos ha sido valorada como una actividad importante para el museo solamente por 0,5% de los encuestados. La consideración de perfiles de usuarios para asegurar el interés continuado por el museo, por ejemplo a través de técnicas de personalización, se ha considerado medianamente importante y 37% de los museos proporcionan páginas especiales dedicadas al público infantil. Según las propias instituciones, la mayor importancia de un sitio Web para un museo es el de desempeñar el papel de relaciones públicas (39%), mientras que cuestiones inherentes a la misión del museo como educar y compartir sus recursos con la comunidad han sido menos valoradas (27,3% y 16,7%, respectivamente). El museo virtual se ha considerado como importante para las actividades del museo como un todo por 52,5% de los encuestados y muy importante por 25,9%, por lo menos teóricamente, se debería dedicar un gran nivel de atención al museo virtual.

Orfinger (1998) ha realizado una investigación, de carácter un tanto informal y no sistemático, para determinar el valor educativo de los museos científicos en Internet, determinando el grado de interactividad que presentan. Las limitaciones de esta encuesta fueran su explícita limitación a los museos estadounidenses, la limitación a los museos de mayor prestigio y el carácter puramente cualitativo, por no decir intuitivo, de los datos investigados. La autora ha concluido que la mayoría de los museos visitados posee valor educativo comparable al de una visita real, al fomentar la experimentación con fenómenos de los cuales uno no tiene conciencia y destacando la facilidad de comprensión de los principios que sustentan la actividad interactiva.

Por último, Galani (2000) ha realizado una encuesta en los museos griegos independientes –es decir, de carácter privado– con el objetivo de determinar cómo se podrían beneficiar de Internet como herramienta de marketing y promoción. En el sondeo sobre el estado en que se encuentran estos museos, ha realizado un análisis sistemático de los contenidos disponibles, así como entrevistas semi-estructuradas con sus directores para obtener sus perspectivas en relación a la utilización de Internet y del museo virtual.

8.3. Metodología

Hemos definido nuestro método de análisis como “heurístico” teniendo en cuenta que consiste en una inspección sistemática de determinados elementos, en función de una serie de categorías establecidas previamente. El primer paso para la elaboración del instrumento de investigación es identificar las categorías heurísticas que describen los contenidos, servicios y funcionalidades presentes en los museos virtuales.

Además de las categorías de análisis propuestas por Goldman y Wadman (2002), Orfinger (1998) y Galani (2000), uno de los trabajos más destacados es la adaptación de un apartado específico de la metodología *Milano-Lugano Evaluation Method* (MILE), un método de evaluación de la calidad y usabilidad de aplicaciones hipermedia y utilizado específicamente para aplicaciones del patrimonio cultural, del cual los museos virtuales constituyen un importante subconjunto (Di Blas, Guermand, Orsini, & Paolini, 2002). En este método, algunos recursos pueden ser examinados de forma independiente de la aplicación como un todo, pero luego otros contenidos o funciones ofrecidos a los usuarios necesitan un esquema de evaluación propio. El factor a destacar es que para su aplicación es necesario trazar un mapa y categorizar los distintos elementos constituyentes de cada museo. En la confección del instrumento de investigación se ha utilizado un “gran número de sitios Web considerados como el ‘universo de discurso’” y el modelo resultante es una síntesis de los contenidos y de los aspectos presentes, en un listado con

más de cien recursos elementales constituyentes de un museo virtual. Un análisis secundario ha identificado los constituyentes de más alto nivel, como por ejemplo, colecciones, servicios y actividades de promoción.

Además de estos trabajos, que han servido como base para la elaboración del modelo, hemos incorporado categorías y elementos nuevos distribuidos a través de toda la literatura crítica del tema. Estos otros recursos corresponden, en su gran mayoría, a las cuestiones que los museos virtuales suscitan: su uso como herramienta de marketing, la utilización para la educación y para el aprendizaje de ciencias, la interacción social, el establecimiento de comunidades virtuales y de relaciones de colaboración, la complementación del espacio físico a través del espacio virtual y los aspectos operativos y prácticos de los museos virtuales.

En el Apéndice I presentamos el instrumento de investigación utilizado en la realización del análisis.

A su vez para la constitución de la muestra de museos se han seguido algunos criterios:

- 1) En los países de Iberoamérica hemos incluido todos los museos dotados de un sitio Web. En este caso específico, el pequeño número de museos de ciencia existente en cada país ha permitido utilizar un criterio exhaustivo. También cabe destacar que algunos museos o centros de ciencia no poseían una representación en el ámbito virtual, motivo por el cual se han quedado excluidos de la encuesta, como por ejemplo el *Museo de la Ciencia de Barcelona* y el *Centro de Ciencias Principia* de Málaga. Por el mismo motivo, algunos países han quedado excluidos.
- 2) Aunque en un primer momento se había pensado analizar los museos de Iberoamérica en una única categoría, debido a características comunes en relación con la tradición hispánica en ciencia y tecnología, y consecuentemente, de la opinión pública acerca de estos temas (Bunge, 1990), hemos separado el grupo en Latinoamérica y Península Ibérica. Esta decisión se debe a que España y Portugal, como miembros de la Unión Europea poseen, teóricamente, acceso a fondos del Programa Marco de investigación científica y desarrollo tecnológico (que en la actualidad especifica la divulgación científica como actividad de interés financiable), además de la existencia de una organización como ECSITE, capaz de organizar y fomentar iniciativas relacionadas con la museología científica en el ámbito europeo.
- 3) Asimismo, tres de los museos inicialmente incluidos en la encuesta no se han podido analizar, por no encontrarse disponibles durante el período de análisis. Son el *Museo de la Ciencia y el Cosmos* de Gran Canarias, el *Museo de Ciencias* y el

Museo de los Niños, ambos en Venezuela. También se ha excluido del análisis el *Extramuseum – Centroscienza* de Turín, Italia, que aunque figure en el directorio de ECSITE como centro de ciencia, en la página Web no hacía ninguna referencia a un museo físico, escapando a una gran parte de las categorías de análisis. Por otro lado, se ha incluido el Museo del *Imaginario Científico* de Chile, que no figura de los principales listados especializados existentes y que nos ha resultado difícil de localizar en un primer momento.

- 4) Para algunos países para los cuales disponíamos de menos fuentes de información, como por ejemplo Italia y Portugal, hemos utilizado el directorio de museos científicos de la organización ECSITE como guía de referencia.
- 5) En el caso de los museos y centros de países escandinavos, que en la literatura sobre museología científica demuestran prestigio e importancia (Pérez *et al.*, 1998), nos hemos limitado a aquellos que disponían de versión en inglés, pues la inspección en un idioma desconocido resultaría impracticable.
- 6) En el caso de Australia, la presencia constante de representantes de este país y la presentación de proyectos bastante sofisticados, en la serie de conferencias *Museums and the Web* o en la literatura general, nos ha llevado a incluir a aquellos museos más destacados, siempre dentro de la delimitación de los museos y centros de ciencia. Conjuntamente con los museos de Italia y de los países escandinavos, han configurado una zona de análisis que hemos denominado “otros países”.
- 7) Con relación a países como Estados Unidos, Francia y Alemania, hemos incluido aquellos museos de mayor importancia y prestigio, incluidos aquellos que han resultado pioneros en la museología científica, como pueden ser el *Deutsche Museum*, la *Cité de las Ciencias* y el *Exploratorium*, en una categoría denominada “países tradicionales”. En el caso de Estados Unidos, particularmente, debido al gran número de museos científicos presentes en aquel país, nos hemos limitado a los de más prestigio y a los que constituyen la *Science Learning Network* (SLN), dado que el objetivo de esta red es fundamentalmente investigar la aplicación de Internet y nuevas tecnologías al museo.

También hemos incluido una categoría de análisis auxiliar, haciendo referencia a las tecnologías informáticas utilizadas para la implementación de los museos virtuales. De cierta manera, la presencia o no de determinadas tecnologías, como por ejemplo la tecnología de

acceso a bases de datos y de generación de sitios Web dinámicos, reflejan el grado de complejidad de cada museo.

La inspección heurística de los 63 museos sitios Web se ha realizado durante el mes de junio de 2002. Hemos intentado realizar el análisis en el período de tiempo más corto posible, por el carácter dinámico de Internet, con la información bajo un constante cambio, podría implicar que los museos se modificaran y se actualizaran durante el análisis (como de hecho hemos observado en un caso específico), afectando al concepto de “retrato instantáneo” de la situación, que hemos buscado.

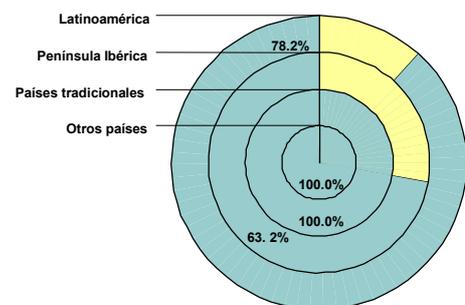
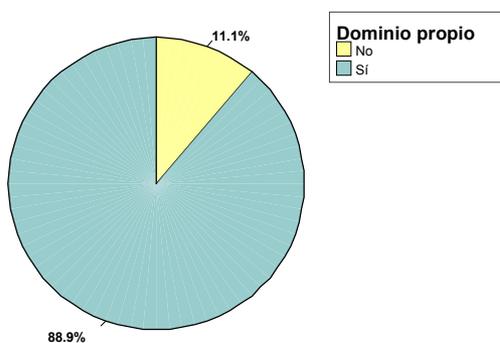
El análisis estadístico se ha realizado con el *software* especializado *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). La relación completa de los museos analizados se encuentra en el Apéndice II.

8.4. Resultados

II. Información general sobre el museo virtual¹

II.1. Dominio propio

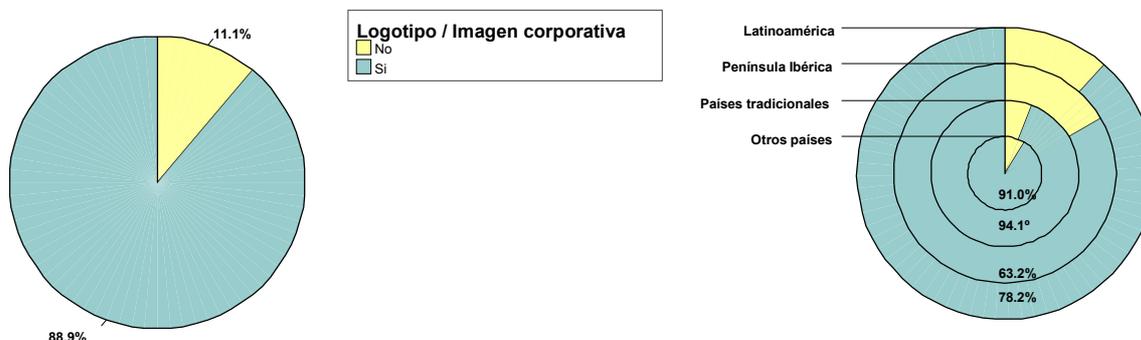
El dominio propio es un elemento importante no solo en la promoción del museo, sino también como elemento de identificación y caracterización de la institución cultural en el mundo digital. La gran mayoría de los museos analizados (88,9%) dispone de un dominio propio, mientras que aquellos que no poseen, por general se encuentran vinculados a alguna institución académica. Este dato apunta a una mayor profundidad de las iniciativas de museos virtuales, con la preocupación de establecer una identidad propia en la Red.



¹ Seguimos la numeración utilizada en el instrumento de investigación (ver Anexo I).

II.2. Logotipo / Imagen corporativa

El logotipo o una imagen corporativa bien establecida del museo se han identificado positivamente en el 88,9% de los casos. Una imagen corporativa sólida, común a todas las iniciativas de comunicación y marketing del museo, debe obligatoriamente extenderse a las actividades realizadas en Internet.



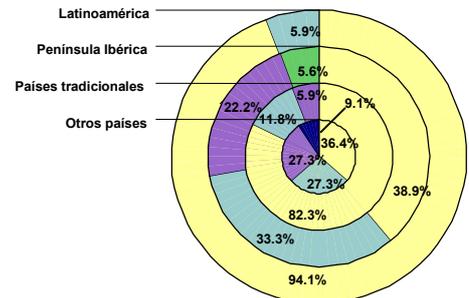
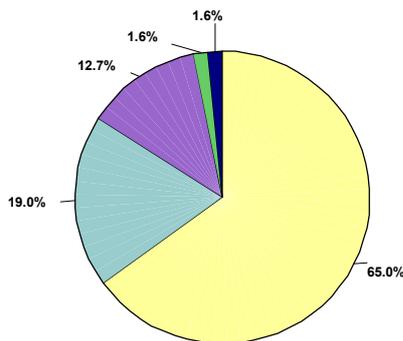
II.3. Misión del sitio Web

La misión del sitio Web, anunciada en la forma de un estatuto o conjunto de sentencias, es en general consecuencia de un proyecto que tenga en cuenta los objetivos, la audiencia y los contenidos y objetivos del sitio Web y que guiará su desarrollo. Alternativamente, se puede publicar en la propia Web, para que los visitantes/usuarios sepan qué esperar de la visita al museo virtual. La misión del sitio Web –o del museo virtual– no debe confundirse con la misión del museo, que por general es más amplia, y es analizada en otra categoría. De los museos analizados, una minoría (15,9%) ha explicitado la misión del museo virtual, en proporciones similares en las zonas de países tradicionales y de otros países y de forma puntual en Latinoamérica.



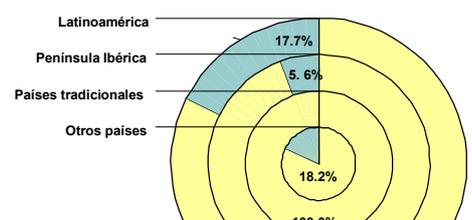
II.4. Idiomas

En relación con el número de idiomas utilizados en el museo virtual se observa una gran predominancia del idioma local (65,0%), con una relativamente pequeña proporción de un segundo idioma. Una de las consecuencias que derivan de este hecho es que el museo pasa a tener una presencia mundial a través de Internet, además de otras tendencias observadas en la actualidad como es el turismo masivo, es la necesidad de atender a distintos públicos. En este sentido, por lo menos la información más básica de presentación y de visita del museo debería publicarse en un segundo idioma, para la captación de un público extranjero. La mayor presencia de un segundo idioma, además de un tercero y cuarto se observa justamente en la Península Ibérica, y específicamente en España, debido al carácter turístico de algunos de sus centros de ciencia y debido a la existencia de un segundo idioma en algunas Comunidades Autónomas. Es el caso por ejemplo de los Museos Coruñeses, que presenta la información en español, gallego e inglés. En los países anglosajones se observa una menor presencia de un segundo o tercer idioma (82,4% con apenas un idioma) justamente por utilizaren ya la *lengua franca* de Internet.



II.5. Actualización y mantenimiento

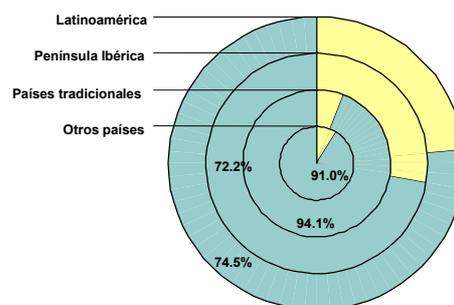
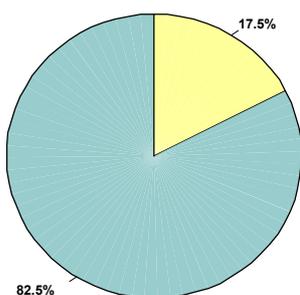
La información sobre actualización y mantenimiento adquiere especial importancia para mantener a los usuarios informados acerca de la actualidad de la información que se está adquiriendo. Además, informa a los usuarios si el sitio Web se renueva de forma periódica o no, y si por lo tanto, sería interesante realizar una segunda visita. Pese a su importancia, apenas una absoluta minoría de los casos (9,5%) ha presentado esta información de forma explícita. Curiosamente, ningún de los museos de los países tradicionales, muy completos en otros sentidos, presenta esta información, quizás por que la propia actualidad de los contenidos se refleje en las páginas.



II.6. Dirección general de contacto

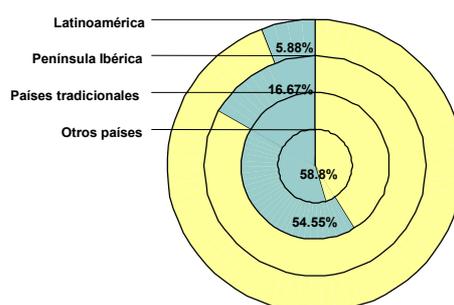
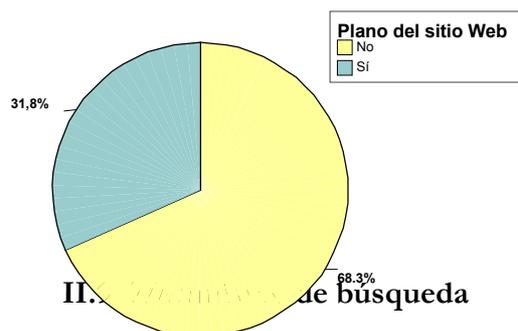
Proporcionar una dirección de correo electrónico de contacto tiene como objetivo establecer un canal de comunicación directo con el usuario, permitiéndole expresar sus opiniones, dudas, sugerencias, etc. La gran mayoría de los museos analizados (82,5%) presenta al usuario este tipo de información.

Dirección general de contacto
 No
 Si

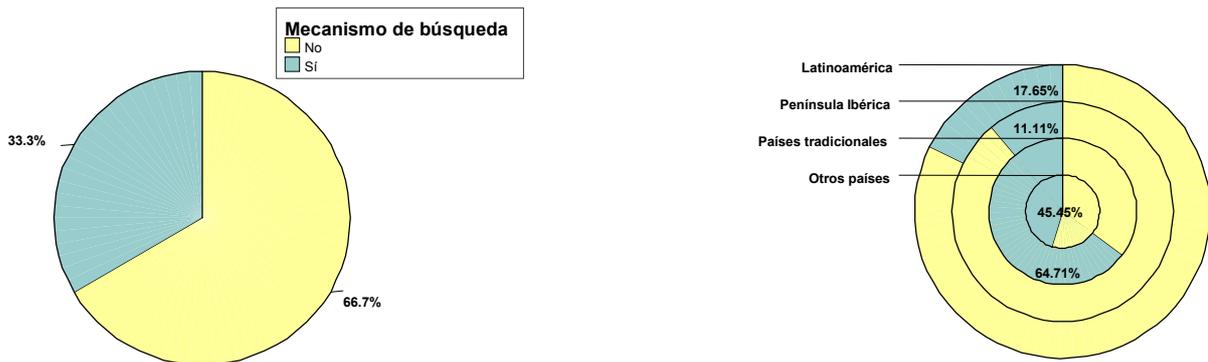


II.8. Plano del sitio Web

El plano –o en algunos casos, índice- del sitio Web tiene como finalidad auxiliar al usuario en la navegación a través de los contenidos del museo virtual, clasificando y organizando todas las secciones y sub-secciones que lo constituyen. Apenas el 31,8% de los museos utiliza este recurso, con proporciones más o menos constante entre los países tradicionales y otros países (mediana) y entre Latinoamérica y Península Ibérica (baja)

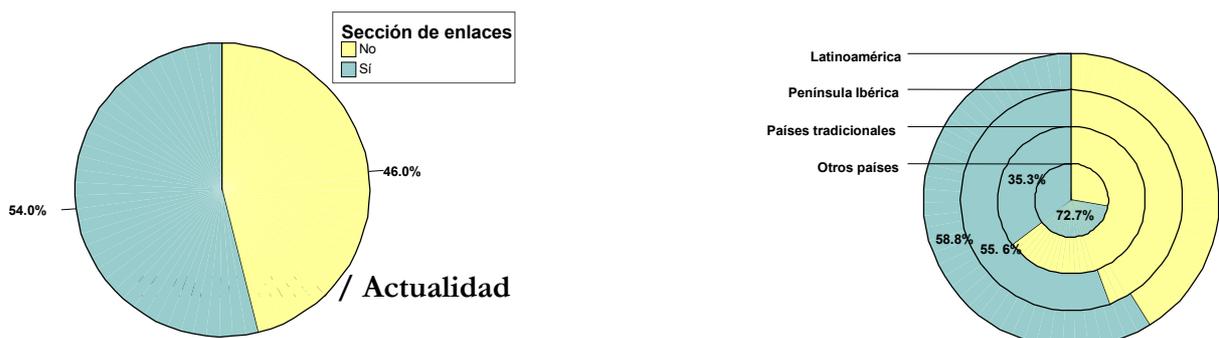


De forma similar, un mecanismo de búsqueda interno, que utilice palabras clave para recuperar la información deseada, también constituye un recurso importante en la mejora de la usabilidad, principalmente en aquellos museos virtuales más grandes, formados por un gran número de páginas. Apenas un tercio de los museos analizados utiliza este recurso, con una mayor proporción en los países tradicionales. Su utilización en Latinoamérica y en la Península Ibérica es escasa, probablemente debido al hecho de que estos museos virtuales son caracterizados, generalmente, por su pequeña dimensión.

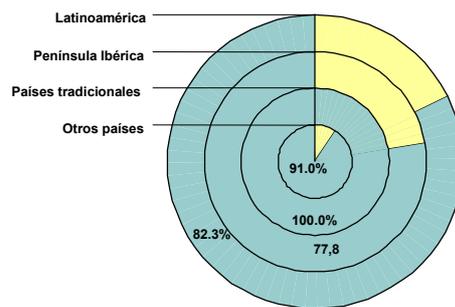
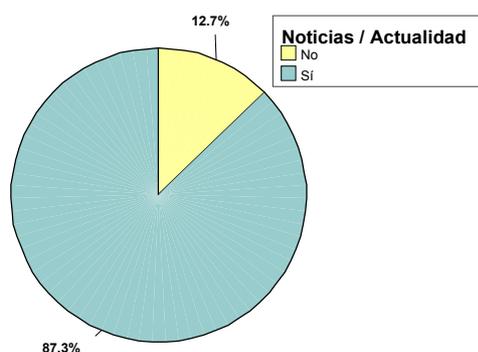


Sección de enlaces

Una sección de enlaces, preferiblemente comentados y cuidadosamente seleccionados, se puede utilizar como recurso para mantener el usuario interesado acerca de los temas científicos y técnicos tratados por el museo. Específicamente, los enlaces pueden conducir el usuario hacia recursos donde la información sea tratada en detalle y con el nivel de profundidad que se quiera. La sección de enlaces, definida de forma explícita como tal, se ha observado en el 54,0% de los museos analizados. Es interesante destacar que se observa una gran proporción en Latinoamérica y Península Ibérica (entre 55 y 58%), probablemente por el hecho de que este tipo de recurso es el que presenta la creación más fácil. El hecho de que los museos de los países tradicionales presenten proporción menor (35,3%) se podría explicar por el hecho de que no adoptan una sección de enlaces general, sino enlaces contextualizados, directamente en cada exposición.

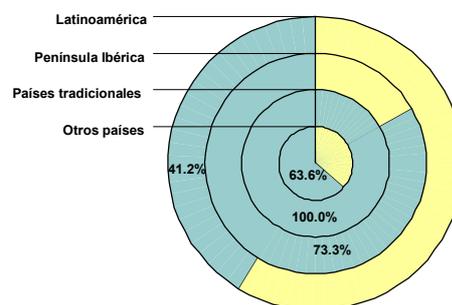
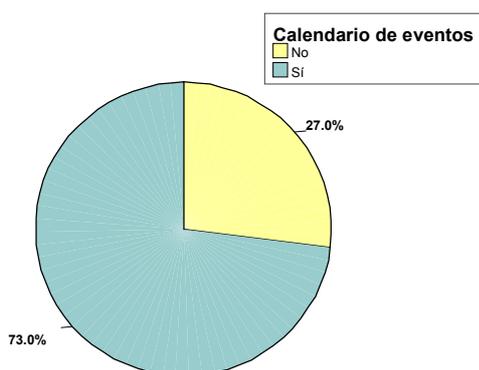


La sección de noticias o actualidad, proporcionada y situada de forma independiente en la página Web, sirve al propósito de mantener el usuario informado acerca de los últimos sucesos producidos en el museo, como pueden ser nuevas exposiciones, eventos especiales, o cualquier otro tipo de novedad, tanto en su forma física como virtual. La gran mayoría de los museos (87,3%) utiliza este recurso, que adquiere una gran importancia, debido al carácter “instantáneo” y siempre actualizado de la información en Internet y a la facilidad de la publicación electrónica.



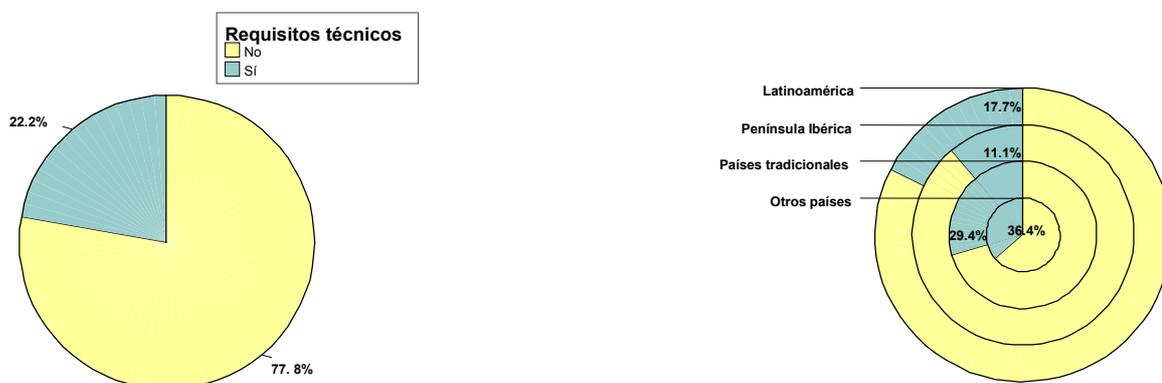
II.11. Calendario de eventos

De manera similar, los eventos que se producen en el museo, se pueden recoger en una sección específica o en una sub-sección del apartado de novedades, con las fechas y horarios en que se producen. La proporción del calendario de eventos es algo más pequeña (73,0%) que la sección de noticias aunque sea utilizada de forma bastante extensa. Juntos estos dos recursos amplían de una forma muy extensa en concepto de “folleto electrónico” de promoción del museo, al reflejar de forma prácticamente instantánea las novedades que se producen en el museo.



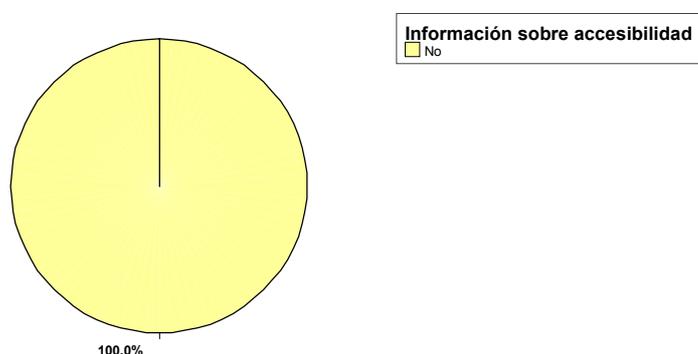
II.12. Requisitos técnicos

Pocos museos (22,2%) anuncian de forma explícita cuales son los requisitos técnicos adicionales, como por ejemplo *plug-ins* de vídeo o audio, o para la visualización de animaciones, lo que puede suponer una dificultad para aquellos usuarios menos hábiles en manejar información multimedia.



II.13. Información sobre accesibilidad

La información sobre accesibilidad Web, en otras palabras, la capacidad de cualquier usuario acceder a la información independientemente de discapacidades físicas o cognitivas no se ha observado en ningún de los museos analizados. Se esperaba encontrar este tipo de información principalmente en los museos de Estados Unidos donde hay una gran tendencia hacia la accesibilidad Web, con la existencia de una legislación específica. En el futuro, quizás esta tendencia se invierta, con el reconocimiento de las audiencias discapacitadas y de la obligación del museo en atenderlas, así como un mayor reconocimiento del beneficio que el diseño adaptado a la accesibilidad puede aportar a todos los visitantes.



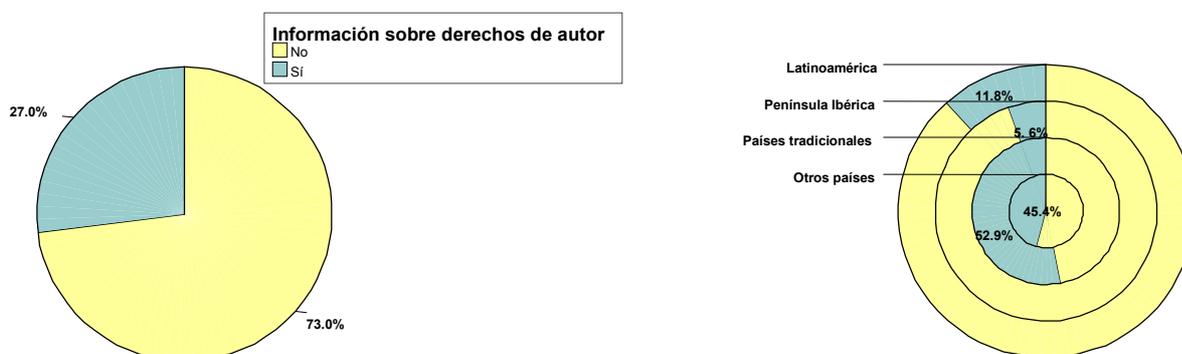
II.14. Créditos de realización

Los créditos de realización, sea de un individuo, de un departamento específico del museo o de una empresa subcontratada para la realización del desarrollo, aparece de forma explícita en apenas el 27,0% de los museos. En este sentido también hay que destacar que tal información sería difícil de definir en el caso de un desarrollo colaborativo transversal a la institución, o en otros casos debido a contratos que no lo permitan. En este sentido quizás esta información se encuentre más habitualmente en los museos desarrollados a través de iniciativas modestas, como manera de recompensar el esfuerzo individual.



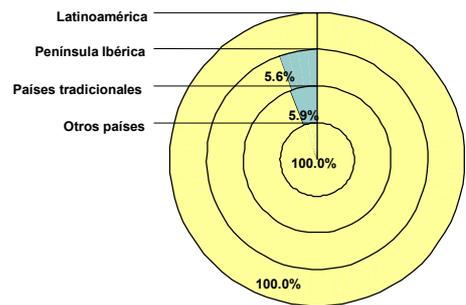
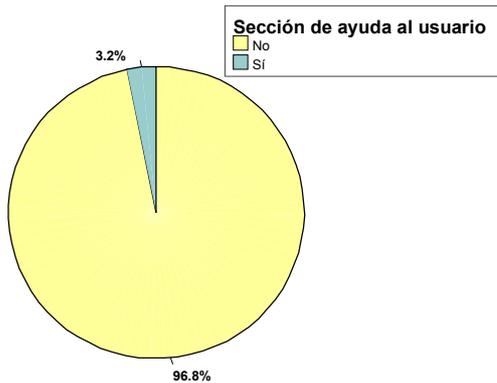
II.15. Información sobre derechos de autor

La información sobre los derechos de autor, más allá de la simple declaración de que el material se encuentra protegido y de la identificación del detentor de los derechos se ha encontrado en apenas 27,0% de los museos, con una mayor proporción en los países tradicionales. Particularmente en Latinoamérica y Península Ibérica son muy pocos los museos que han elaborado una política específica para la protección de su material intelectual, pese a la importancia jurídica que esta información puede aportar.



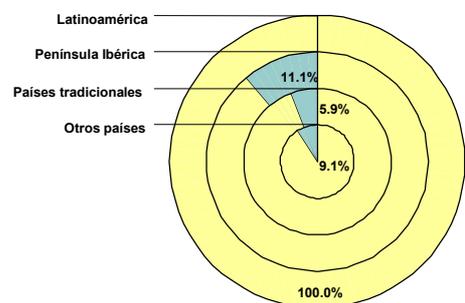
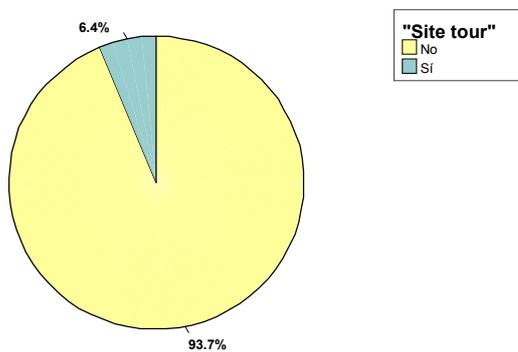
II.16. Sección de ayuda al usuario

Una sección de ayuda al usuario, para la resolución de los problemas técnicos más frecuentes o para auxiliar en la exploración del museo virtual, es prácticamente inexistente en los museos analizados (3,2%). Como aplicación informática, el museo virtual debería compartir convenciones de la industria y utilizar la sección de ayuda para auxiliar a sus usuarios, sobre todo con vista a públicos específicos que puedan necesitar una mayor atención.



II.16.1. "Site tour"

Otro recurso de ayuda para el usuario, sobre todo para los que están realizando su primera visita, el "site tour" tiene como objetivo presentar de manera resumida y rápida los principales contenidos, secciones y actividades que se pueden encontrar en el museo virtual. Pese a su fácil desarrollo, básicamente resumiendo y recopilando la información existente, es escasamente utilizado (6,4%).



II.16.2. FAQ

Otro recurso de ayuda al usuario son las *Frequently Asked Questions* - FAQ (preguntas frecuentes) que recogen de manera organizada las dudas y preguntas realizadas de forma más habitual por los usuarios, así como sus respectivas respuestas. También es un recurso exiguamente empleado (6,4%), independientemente de la zona de análisis.



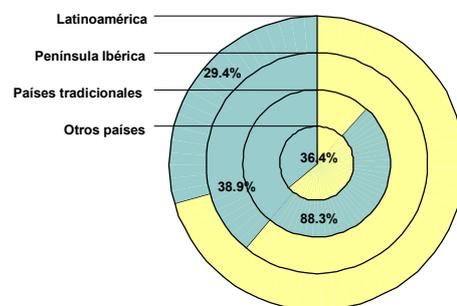
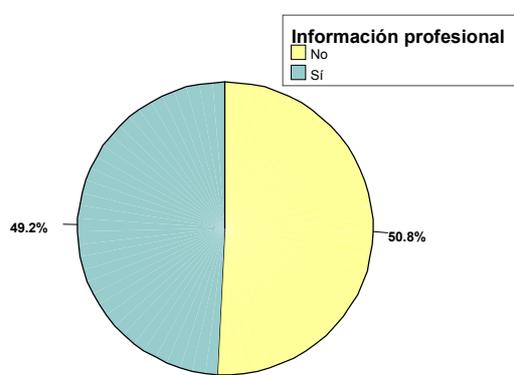
II.16.3. Consejos de búsqueda

Los consejos para la realización de búsqueda por palabras clave, informando las principales estrategias para la obtención de los mejores resultados en la recuperación de la información es un elemento importante para aquellos museos que adopten un mecanismo de búsqueda interno. El análisis se ha realizado sobre el conjunto de museos que poseen este recurso y los resultados indican que apenas una pequeña proporción incluye este detalle de usabilidad (33,3%)



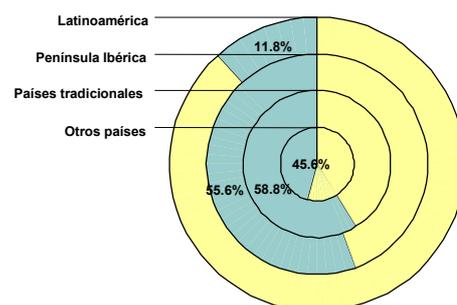
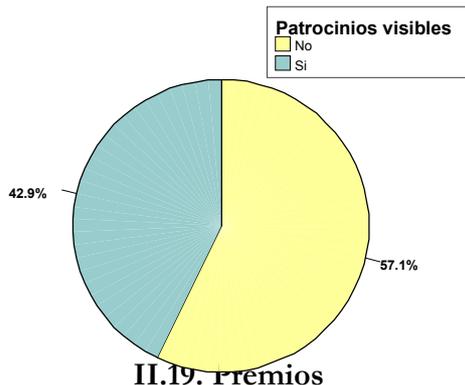
II.17. Información profesional

El museo virtual también puede servir como soporte para iniciativas en el campo de la comunicación científica o profesional, dentro del campo de la comunidad museística o de áreas relacionadas, fomentando la misión de investigación del museo. Revistas o boletines electrónicos, bases de dato y foros de discusión especializados son algunas de las posibilidades en el área de la difusión del conocimiento científico museológico. Cerca de la mitad de los museos analizados (49,2%) proporciona información profesional a la comunidad de profesionales, con una mayor proporción en los países tradicionales (88,2%) y una proporción más o menos similar en el resto de las zonas de análisis.



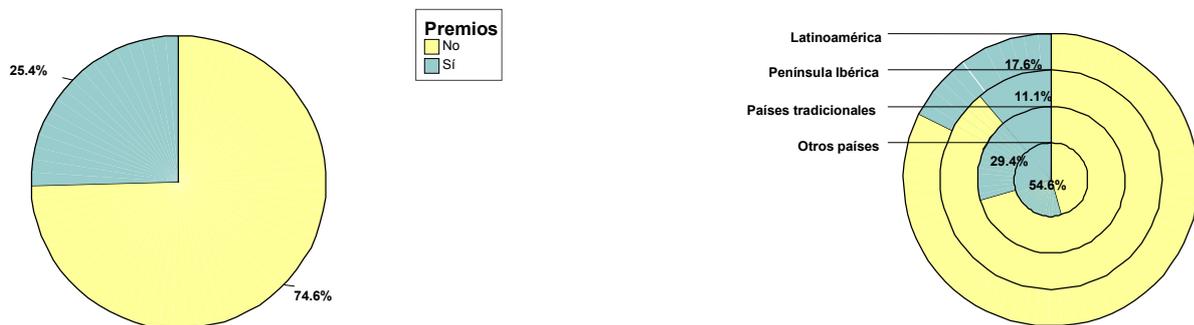
II.18. Patrocinios visibles

Una de las posibles fuentes de financiación para el museo virtual es la incorporación de patrocinadores, que financien determinadas secciones del sitio Web o de exposiciones específicas, de manera similar a lo que sucede en el museo físico. De la misma manera, el medio digital también se puede utilizar como complemento, proporcionando valor añadido, a las iniciativas de patrocinio realizadas de forma tradicional. En general, en 42,9% de los museos presentan a uno o más patrocinadores de forma explícita en la Web, con la Península Ibérica superando a los países más tradicionales en este quesito (58,8% y 45,6% respectivamente).



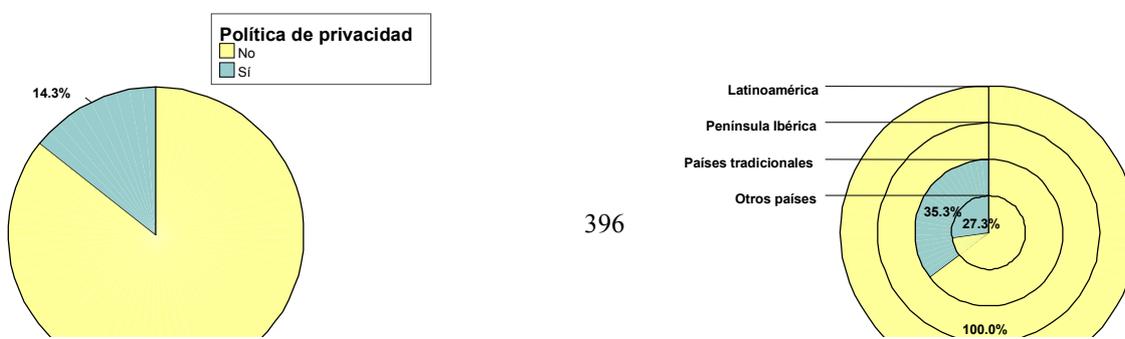
II.19. Premios

Los museos virtuales, como fuentes de información fidedigna y de alto valor cultural y educativo se convierten en buenos candidatos para la recepción de premios en la Web, como por ejemplo pueden ser “el sitio Web del mes” o “mejor sitio Web cultural”, promovidos por una gran variedad de medios electrónicos y tradicionales. Además del reconocimiento y prestigio, la recepción de un premio también supone una buena oportunidad para la promoción del museo en la Web, por que los sitios premiados también figuran en los medios que lo han promovido, por lo general con una gran de afluencia de tráfico, que se redirige al museo virtual. Un cuarto de los museos han publicado esta información de forma explícita, con una mayor proporción en la zona de “otros países” (54,6%).



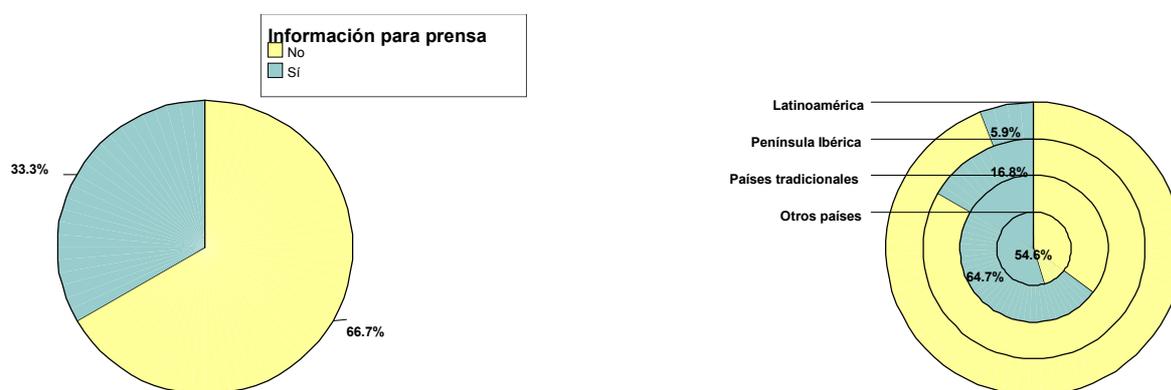
II.20. Política de privacidad

La privacidad de los usuarios en Internet, con la preocupación del uso que se hace de la información de carácter personal recogida por los sitios Web –como pueden ser la dirección de correo electrónico, las preferencias y perfiles de utilización de los recursos, los datos demográficos y personales colectados a través de formularios y encuestas– se configura como una de las mayores preocupaciones en relación con los derechos civiles en la “Sociedad de la Información” y del derecho informático. En la Unión Europea, y concretamente en España, la privacidad de los usuarios se está intentando proteger a través de una dura legislación, mientras en Estados Unidos también hay una gran preocupación sobre el tema. Pese a esto, apenas en 14,3% han expresado su política de privacidad en relación con datos personales, con ocurrencias puntuales en las zonas de países tradicionales y otros países, mientras que en Latinoamérica y Península Ibérica no se ha registrado ninguna ocurrencia.



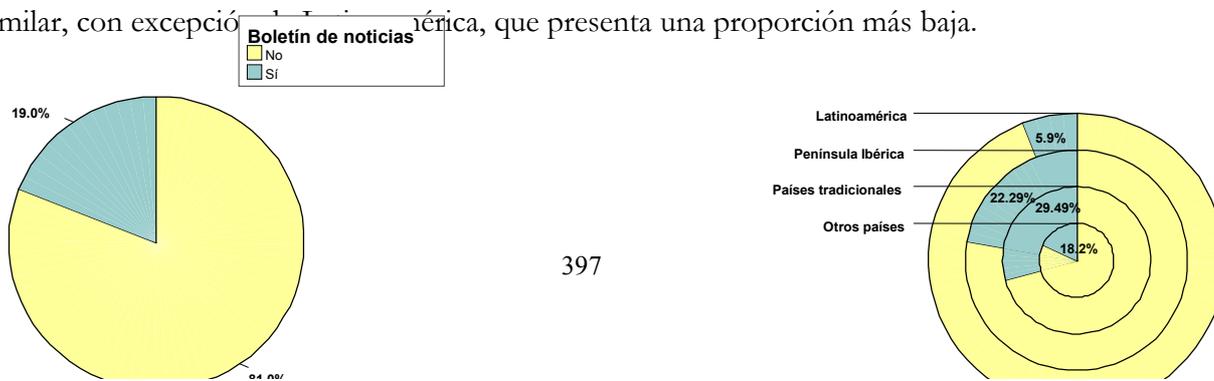
II.21. Información para prensa

Una de las características más destacadas del medio digital es la posibilidad de utilizar la segmentación del público, según la información que se busca. Junto a este concepto, la utilización de las nuevas tecnologías de información y comunicación en las redacciones de periódicos y el advenimiento del periodismo digital, tanto en nuevas iniciativas como en la convergencia con los medios tradicionales, pueden hacer interesante la creación de una sección específica dentro del museo virtual que auxilie a la prensa en la elaboración de reportajes sobre el museo. En esta sección, además de la publicación de los recortes de prensa, se pueden almacenar de manera permanente información de referencia sobre el museo, como textos de presentación, informes estadísticos, fotografías con derecho de reproducción, etc.



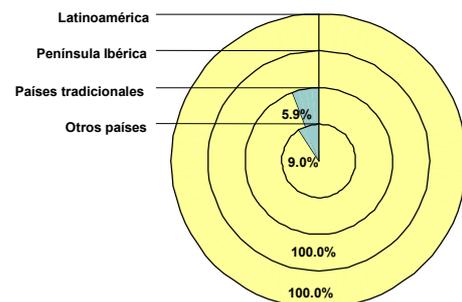
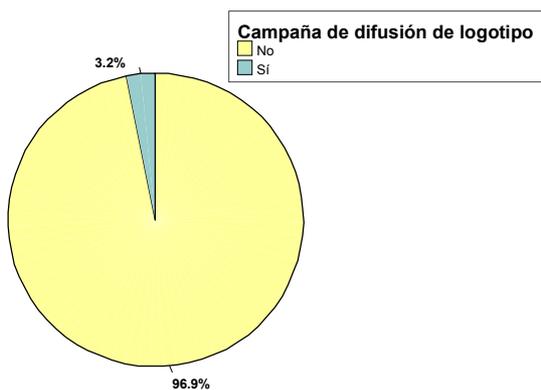
II.22. Boletín de noticias

El boletín de noticias, enviado a través de correo electrónico y anunciando todas las noticias de actualidad, tanto del museo físico como del museo virtual, es una de las herramientas de marketing más poderosas a disposición de los museos en el medio digital. Sin embargo, apenas un 19,0% de los museos analizados utilizan este recurso, en proporción más o menos similar, con excepción de América Latina, que presenta una proporción más baja.



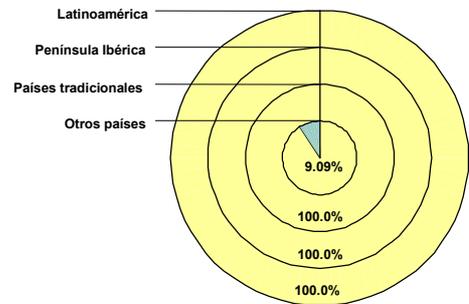
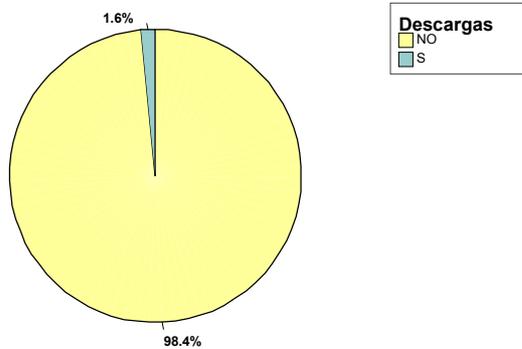
II.23. Campaña de difusión de logotipo

La campaña de difusión del logotipo puede ser una estrategia interesante a utilizar por los propios usuarios y aficionados del museo en la promoción del museo virtual en Internet. La estrategia se basa en la facilidad de la publicación electrónica en Internet y de la generación de páginas personales. Al ofrecer un logotipo oficial para la inclusión en páginas Web personales el museo está creando un sentido de comunidad, reconociendo a sus usuarios como participantes en la aventura intelectual del museo, al mismo tiempo que puede controlar los accesos generados por estos logotipos. Sin embargo, la utilización de esta estrategia es irrisoria (3,2%).



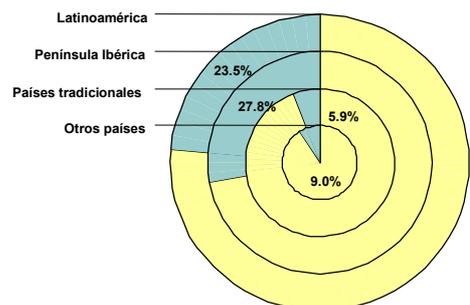
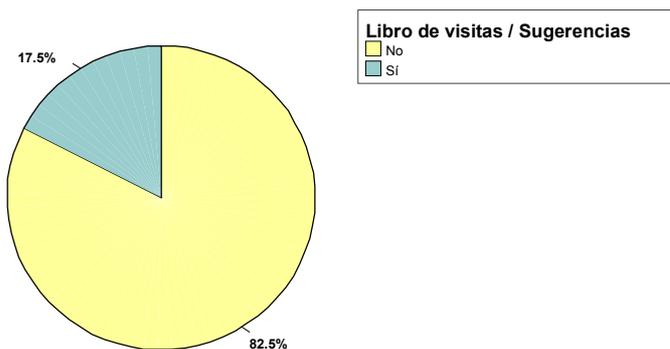
II.24. Descargas

Las descargas, con el objetivo de fidelizar el usuario, como por ejemplo pueden ser los fondos de escritorio y los salva-pantallas, son un recurso de promoción escasamente utilizado, pese a la simplicidad de su desarrollo e incorporación, con la simple transformación de materiales ya existentes. Concretamente, se ha observado apenas un caso (1,6%) de un museo utilizando este recurso.



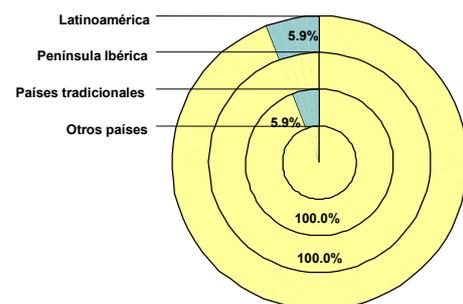
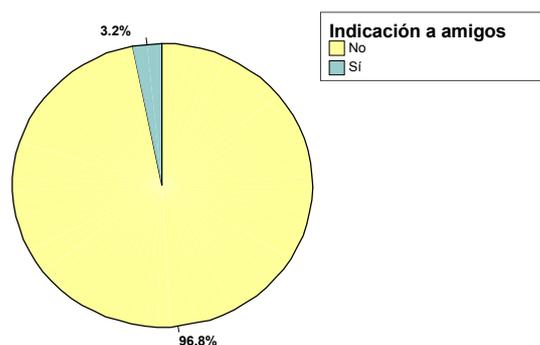
II.25. Libro de visitas / Sugerencias

Los recursos destinados a captar la opinión del visitante, haciéndole participe en el museo, como los libros de visitas y los formularios son escasamente utilizados en la mayoría de los museos virtuales. Curiosamente, justamente en Latinoamérica y Península Ibérica (23,8% y 27,8%, respectivamente) se observa la mayor ocurrencia de estos recursos, quizás por que en los museos más desarrollados la participación del público ocurra en el propio nivel de exposición, y no como elemento auxiliar.



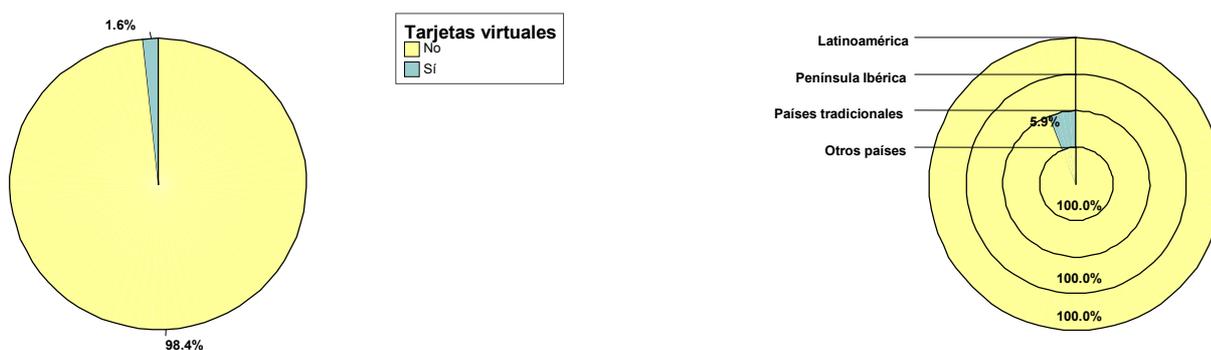
II.26. Indicación a amigo

Otro recurso de promoción de fácil implementación, y escasamente utilizado en los museos analizados, pese a la importancia que se reconoce a la propaganda “boca-a-boca” en Internet. Su ocurrencia es exigua en el ámbito de los museos y centros de ciencia virtuales (3,2%).



II.27. Tarjetas virtuales

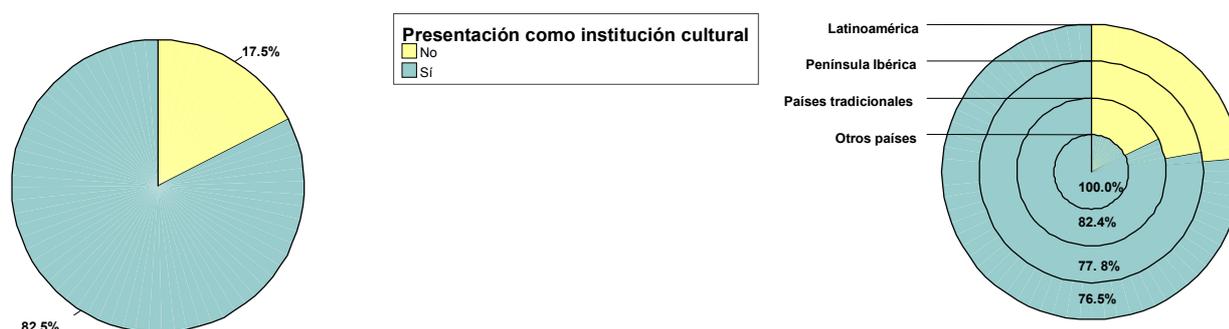
De manera similar, las tarjetas postales virtuales se pueden emplear para la difusión del museo virtual, utilizando los propios usuarios y el interés generado por la visita para cumplir este objetivo y generando a la vez, un sentido de comunidad. También es un recurso poco utilizado (1,6%), pese a que es una aplicación relativamente sencilla de implementar.



III. Información general sobre el museo físico

III.1. Presentación como institución cultural

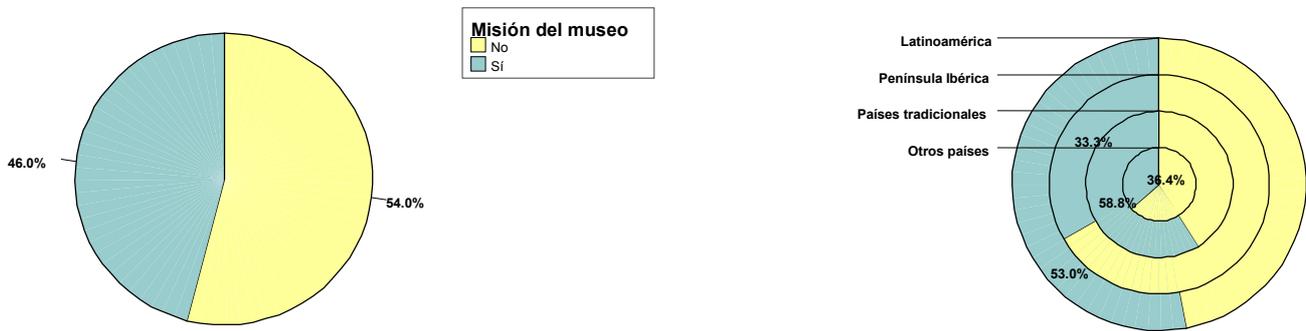
La presentación del museo como una institución cultural, generalmente a través de un breve texto de presentación donde se recojan sus principales características, se encuentra presente en la gran mayoría de los museos analizados (82,5%). En relación con las zonas de análisis, hemos observado una proporción constante de los museos que se presentan a su público de forma explícita.



III.1.1. Misión del museo

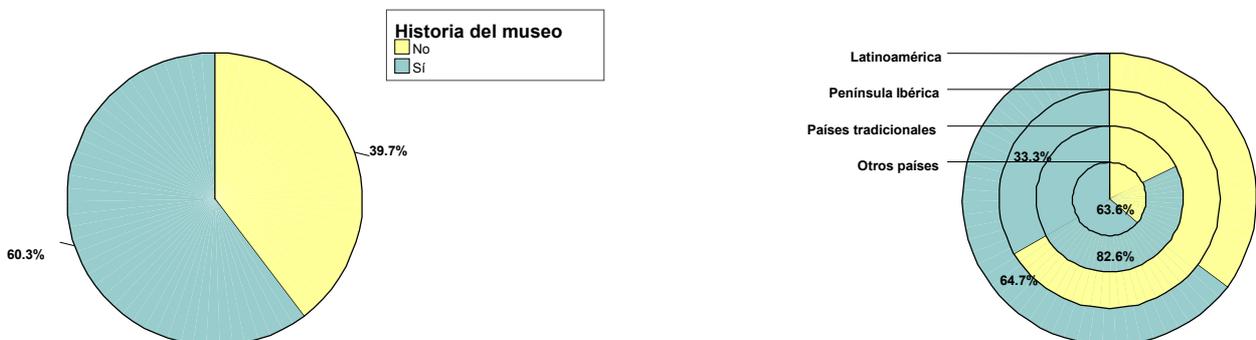
La presentación de la misión del museo, en la forma de una declaración explícita se ha observado en algo menos que la mitad de los casos analizados (48,0%). La ausencia de este recurso también se podría explicar por el hecho de que no todos los museos han adoptado

políticas visibles en relación con su misión. La proporción es constante según las zonas de análisis, con excepción de los museos de la Península (33,3%), donde se observa una menor ocurrencia de este recurso.



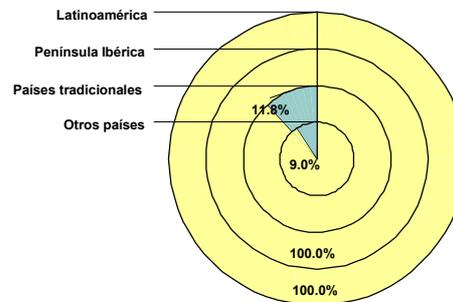
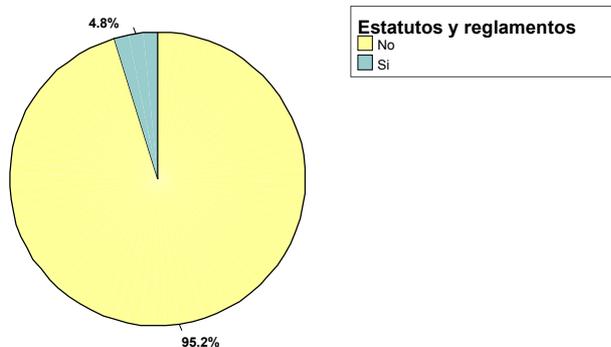
III.1.2. Historia del museo

La historia del museo, en texto independiente de la presentación del museo como institución cultural, se ha observado en el 60,3% de los museos, pese que todos los museos poseen una historia, un relato de la iniciativa de creación del museo, por lo menos. De manera análoga, se observa una proporción constante, con excepción de los museos situados en la Península (33,3%), donde se observa casi la mitad de la ocurrencia, en comparación con las otras zonas geográficas.



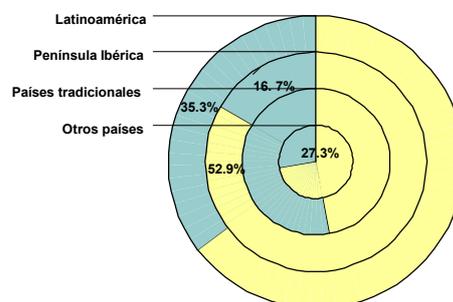
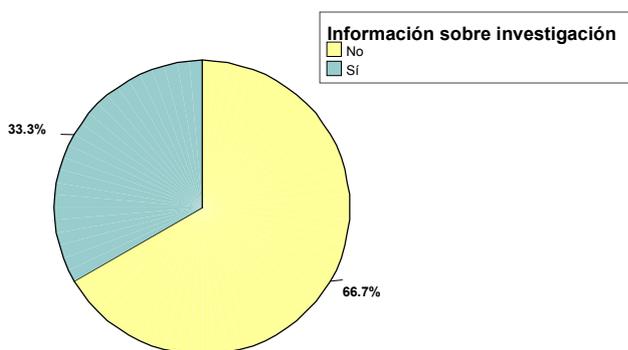
III.1.3. Estatutos y reglamentos

Los estatutos y reglamentos de los museos se publican escasamente (4,8%) como información pública en los museos virtuales, probablemente por considerarse que se trata de información de poco interés para el público general, o por considerarse de carácter privado. Esto se da pese al hecho de que podría contribuir a la imagen del museo como una institución transparente, integrada a la sociedad, o por otro lado, ser de interés para la propia comunidad de profesionales del sector museístico.



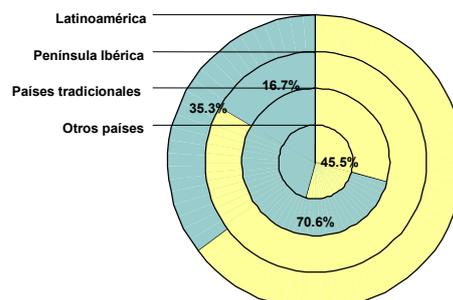
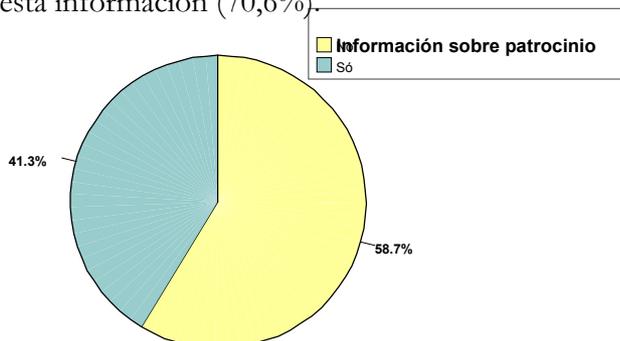
III.1.4. Información sobre investigación

La investigación es una de las principales funciones de los museos tradicionales y en el campo de los museos dedicados a la ciencia, cobra especial importancia en los museos de historia natural. En los centros de ciencia interactivos, aunque no sea uno de los principales objetivos, la investigación científica también puede darse en forma de la investigación en museología científica, por citar un ejemplo. Probablemente debido a este sesgo, se observe una proporción pequeña (33,3%). En Latinoamérica se ha observado una proporción más grande que la media general (35,3%), debido quizás a que muchos de los centros y museos de ciencia analizados se encuentran vinculados a instituciones académicas.



III.1.5. Información sobre patrocinio

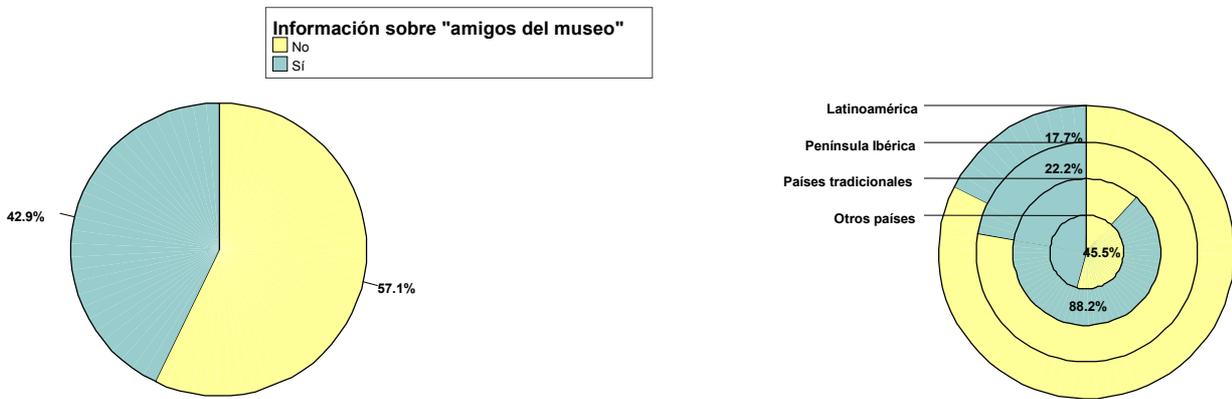
La investigación acerca de las posibilidades de patrocinio del museo se observan en algo menos que la mitad (41,3%) de los museos analizados. Según la zona de análisis, curiosamente los países que teóricamente poseen más recursos son también los más proclives a hacer pública esta información (70,6%).



En la Península Ibérica, por otro lado, se observa la proporción más pequeña (16,7%), posiblemente por el hecho de que los centros tengan su mayor fuente de financiación en el sector público. De todos modos, entendemos que la búsqueda de patrocinios es una actividad proactiva, para la cual un medio pasivo como la Web tiene poco que aportar.

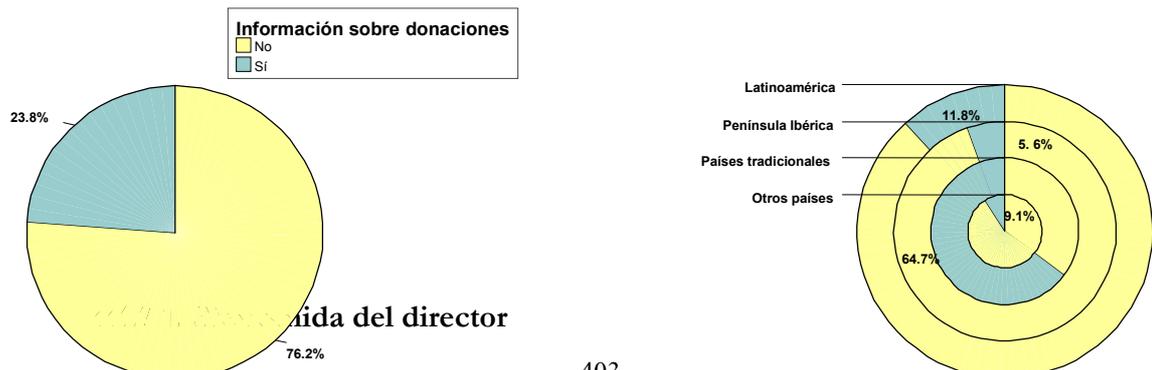
III.1.6. Información sobre “amigos del museo”

La información sobre clubes, “amigos” o socios del museo, según su denominación, puede tener un gran valor si se publica en la Web, en la medida en que se ofrece un servicio factible a una audiencia adecuada. Se observa una proporción similar a la información de patrocinio (42,9%), aunque en Latinoamérica la proporción decrezca (17,7%) y aumente en los países tradicionales, probablemente debido a factores culturales.

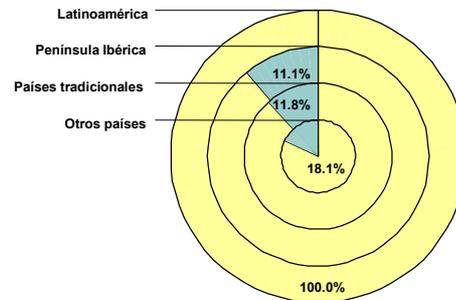
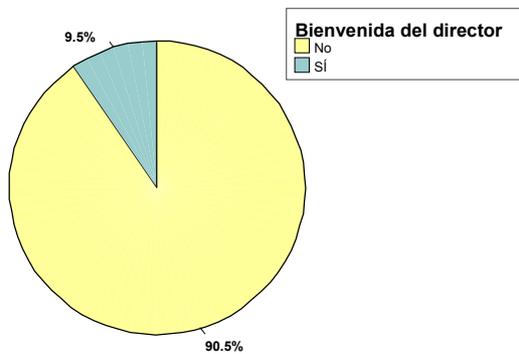


III.1.7. Información sobre donaciones

La información sobre cómo realizar donaciones al museo está mucho menos extendida (23,8%). Particularmente éste tipo de información posee menos presencia en Latinoamérica y en la Península (9,1% y 5,6%, respectivamente), posiblemente debido a los compromisos y limitaciones que suponen la financiación pública o a prácticas culturales, mientras que en los países tradicionales la proporción se mantiene más o menos constante. En el resto de los países también se observa una disminución de la proporción frente a información relativa al patrocinio.

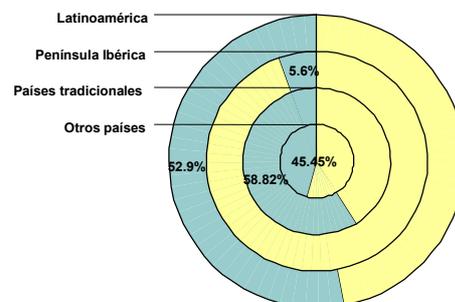
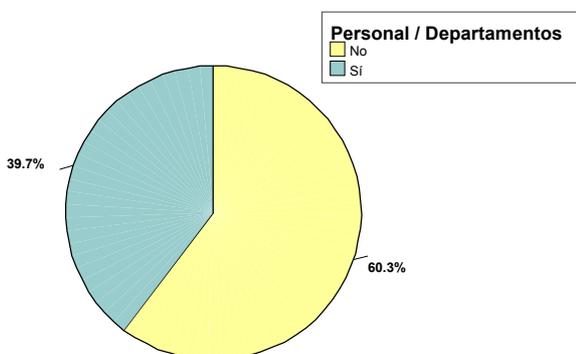


La bienvenida del director, con un mensaje de acogida al público que transmita algo de “calor humano” a la experiencia de la visita, es escasamente utilizada en los museos virtuales (9,5%). Específicamente en Latinoamérica este ha sido un detalle “olvidado”, mientras que en los demás países la proporción sea constante, aunque pequeña, entre un 11 y un 18%.



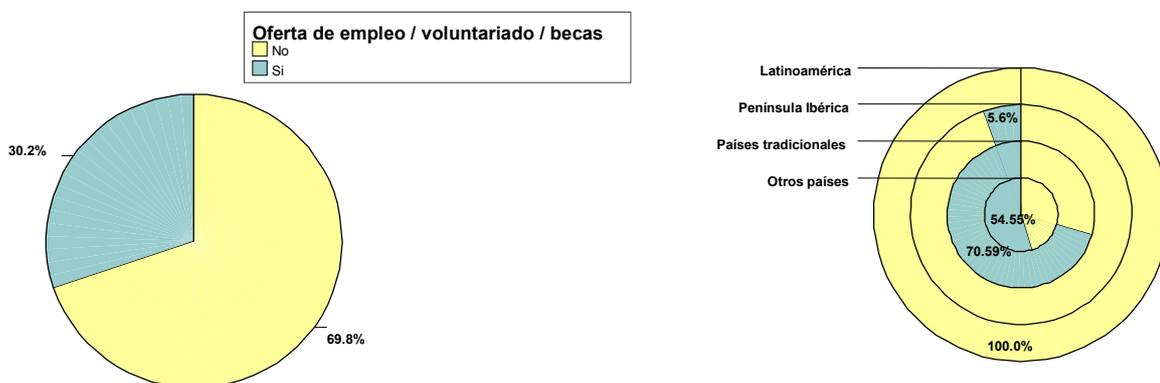
III.2.2. Directorio de Personal / Departamentos

La información sobre los recursos humanos o sobre los departamentos que componen el museo, aunque también pueda ser considerada una información de carácter privado, tiene más presencia en los museos virtuales que los estatutos y reglamentos, probablemente debido al hecho de que, por lo general, se presentan como una forma alternativa de contacto con el público. Por otro lado, también es el tipo de información instantáneamente disponible para publicación. Por ejemplo, en los primeros años de Internet muchas empresas e instituciones entraron en la Red publicando sus organigramas internos, información que por otro lado tiene poco carácter útil para el público. Específicamente en Latinoamérica (52,9%), creemos que esta puede ser la motivación por detrás de la publicación de este tipo de información.



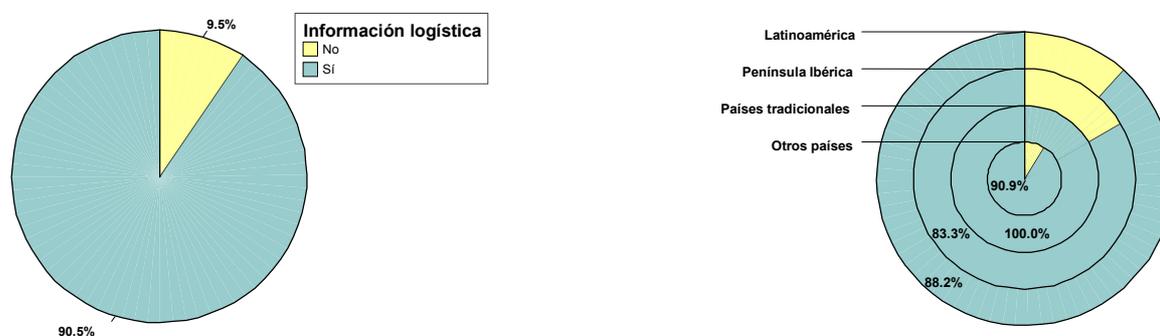
III.2.3. Oferta de empleo / voluntariado / becarios

El museo virtual y su gran capacidad de trascender los límites espaciales en la difusión de la información también se puede utilizar para la captación de recursos humanos para el museo, en la forma de oferta de empleo o en la convocatoria de voluntarios o becarios. Apenas una parte (30,2%) de los museos analizados publica ofertas de este tipo, con una gran diferencia entre los museos de los países tradicionales y de los de Latinoamérica y Península Ibérica.



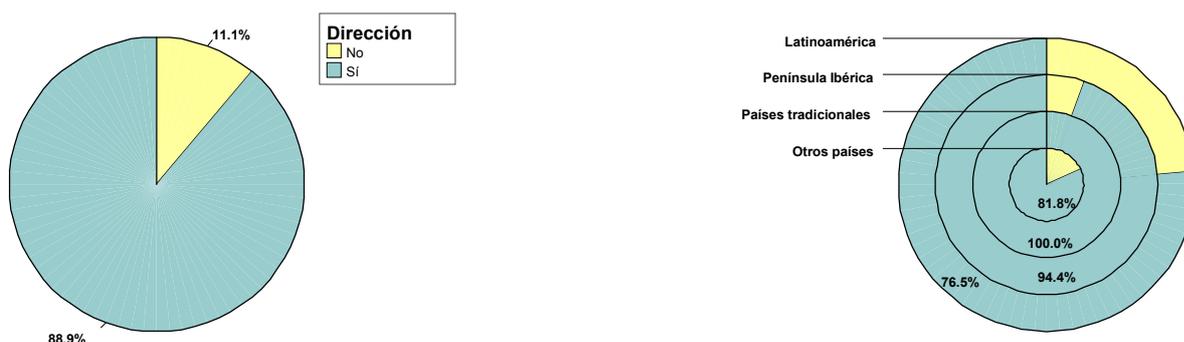
III.3. Información logística

La información logística, aunque por lo general no se utilice esta terminología concreta, relacionada con información necesaria para llegar hasta el museo, se observa de forma explícita en un apartado en la mayoría absoluta de los museos analizado (90,5%). De hecho, es el tipo de información que los tipos de museos virtuales más básicos, los “folletos virtuales” suelen publicar, mientras que los museos más sofisticados heredan y mantienen este tipo de información. Los pocos casos que constituyen las excepciones, más que no presentar información ninguna de cómo llegar al museo, no la publican en un apartado o sección específica de la página.



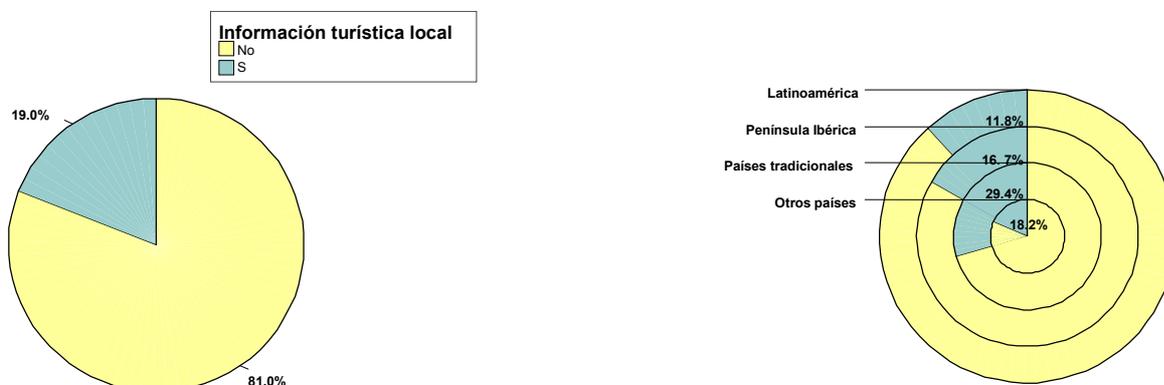
III.3.1. Dirección

Aunque parezca improbable, un 11,1% de los museos analizados no presentaba de forma explícita su dirección física. Aunque ocurran casos en la Península y en los otros países, la mayor concentración de casos se encuentra en Latinoamérica, lo que nos lleva a creer que algunas instituciones, además de limitarse a la publicación de “folletos virtuales”, lo están haciendo de forma incompleta.



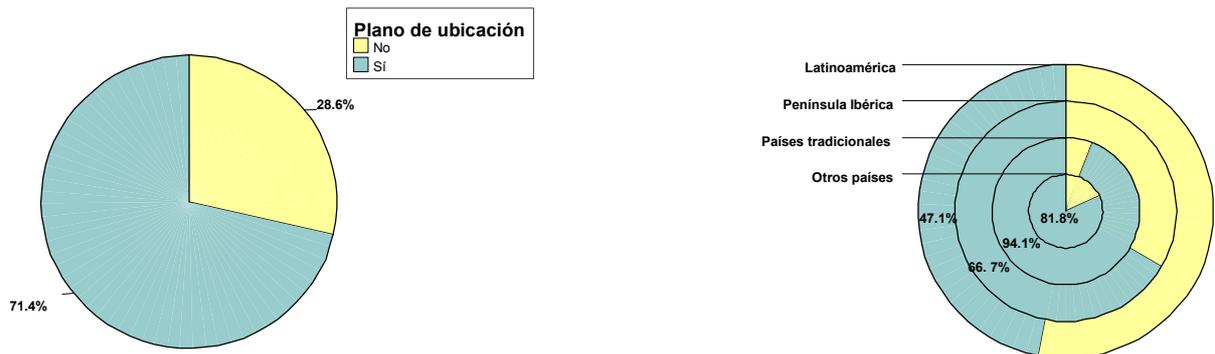
III.3.2. Información turística local

En la planificación de un viaje hacia el museo, por parte de un visitante remoto, sería de sumo interés que se publicaran informaciones turísticas sobre el entorno del museo, que puedan motivar aún más la visita planeada. Mientras que en los folletos de promoción tradicionales la limitación de espacio impide esta iniciativa, en el espacio digital, una aproximación mínima y suficiente sería una página específica de información turística, presentando de forma breve las principales atracciones turísticas del entorno y enlazando a través del hipertexto, a páginas más completas o de carácter oficial. Sin embargo, apenas un 19,0% de los museos adoptan este recurso, en una proporción más o menos similar (entre un 12 y 30%) según la zona de análisis.



III.3.4. Plano de ubicación

Aunque menos importante que la dirección física, el plano de ubicación es un importante recurso para la planificación de una visita al museo físico, principalmente cuando se proporcionan versiones del plano orientadas hacia la impresión, para que el usuario pueda disponer de la información en un soporte físico. Los planos de ubicación, sin embargo, son menos comunes (71,4%), principalmente en Latinoamérica y en la Península (47,1% y 66,7% respectivamente).



III.3.4. Plano del museo

El plano físico del museo puede constituir un accesorio previo a la visita al museo físico, para que aquellos visitantes más ávidos o que posean algún tipo de limitación puedan planificar de antemano su visita. El plano físico tiene principal importancia para aquellos museos muy grandes, que no se pueden visitar de manera completa en un único día, exigiendo planificación previa. Debido a que los museos en Latinoamérica y Península suelen ser de dimensiones más modestas, este recurso es observado con menos frecuencia en estas regiones (29,4% y 38,9%, respectivamente), por debajo de la media general de 47,6%.



III.3.5. Medios de transporte

La información sobre los medios de transporte –no limitándose a los medios de transporte público, sino incluyendo también a las instrucciones específicas de cómo llegar al museo en vehículo propio– también es un componente importante para la planificación de las visitas. Las mayores ausencias se observan en Latinoamérica (29,4%), y en un grado ligeramente menor, en la Península Ibérica (44,4%) y en otros países (45,5%) frente al promedio general de 55,6% de utilización.



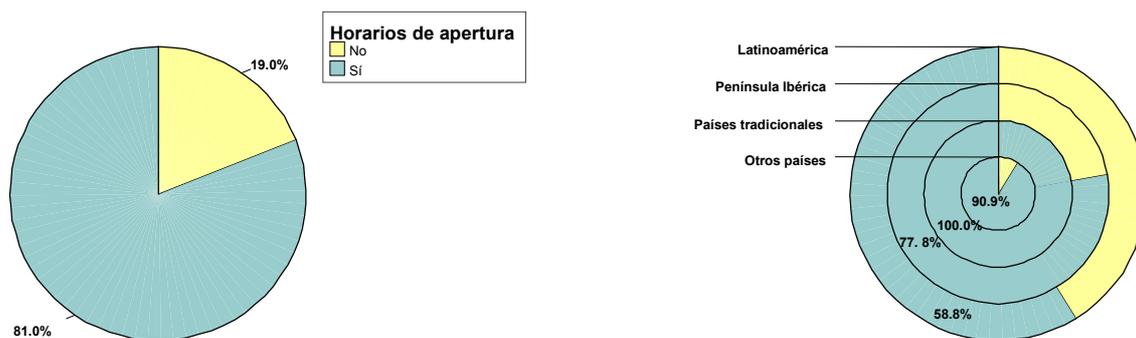
III.4. Información de visita

Así como la información logística, la información de visita, como horarios de apertura, precios de entrada y otras categorías analizadas a continuación, tiene suficiente importancia en la promoción del museo físico a través del museo virtual para que se publique en una sección específica en el 82,5% de los casos analizados. La menor proporción se observa en Latinoamérica (58,8%) llegando casi al la totalidad en la zona de otros países (90,9%).



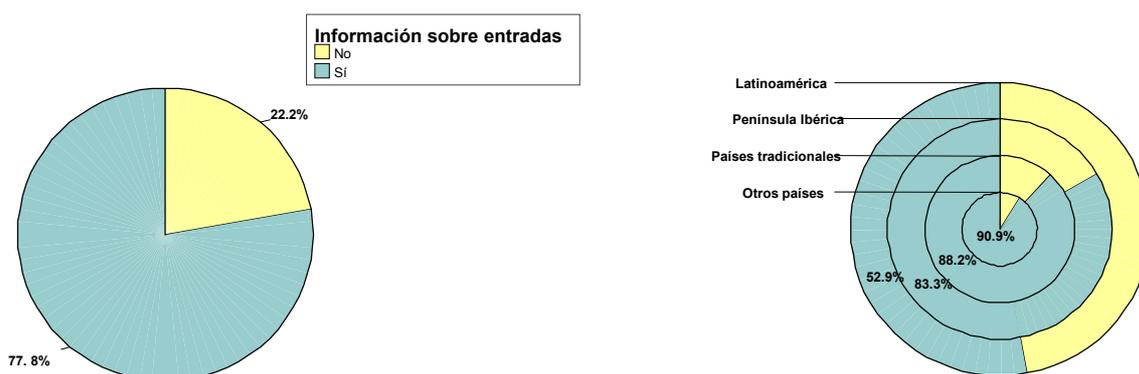
III.4.1. Horario de apertura

De forma más específica, los horarios de apertura del museo, muy importantes para la planificación de una visita al museo físico, se han observado en 81,0% de los casos. La distribución según las zonas geográficas es prácticamente igual a la categoría superior de análisis, la sección de información de visita.



III.4.2. Información sobre entradas

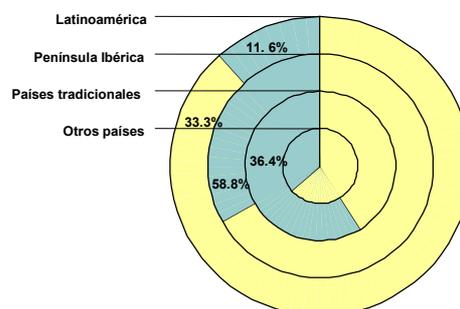
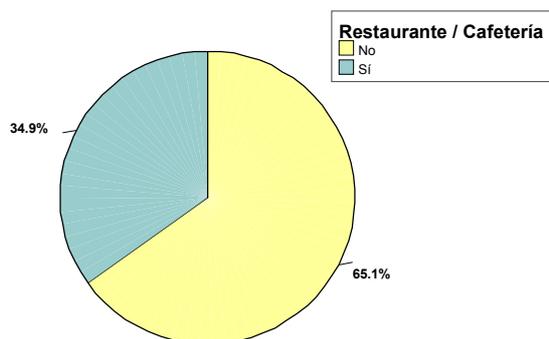
Asimismo, la información sobre entradas, con la relación de categoría de precios, existencia de descuentos o días de entrada libre, se observa en un 77,8% de los museos, con una menor presencia en Latinoamérica (52,9%) frente a las otras zonas de análisis.



III.4.3. Restaurante / Cafetería

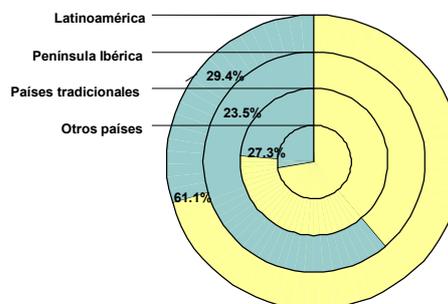
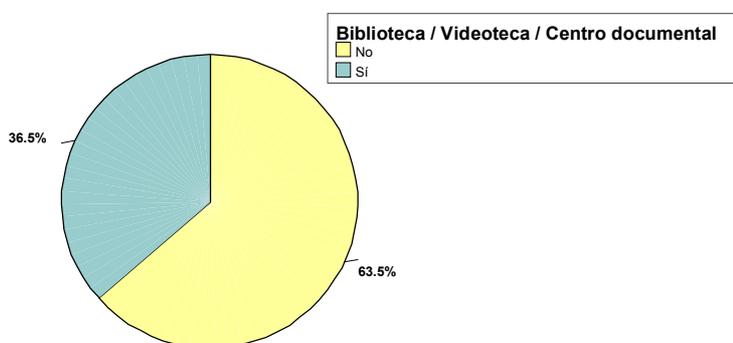
La existencia de un restaurante y/o de una cafetería y de los servicios ofrecidos también es una información de interés en la planificación de visitas al museo real, aunque de menor

importancia. Así, una proporción considerablemente menor de los museos publica este tipo de información (34,9%) con un descenso considerable en todas las zonas de análisis.



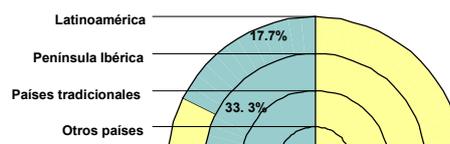
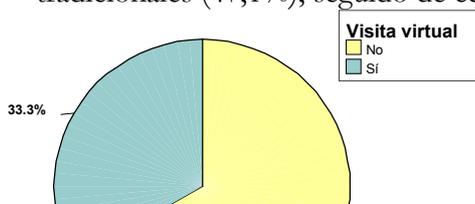
III.4.4. Biblioteca / Videoteca / Centro documental

La existencia de una biblioteca, videoteca o centro documental, como servicios de valor añadido que soporten la misión educativa (un tema más avanzado sería hacer disponibles los catálogos en línea de acceso público o permitir la reserva de libros a través de Internet) se suele incluir en la caracterización del museo como institución cultural. Un 36,5% de los museos incluye esta información en sus congéneres virtuales, con una proporción mayor en los países tradicionales (61,1%) frente a una proporción constante en las otras zonas (23 a 29%).



III.4.5. Visita virtual

La visita virtual, en sus distintas posibilidades, que van desde la disposición secuencial de páginas Web con textos y gráficos, pasando por los gráficos interactivos y por los entornos de simulación 3D en Quicktime VR, constituye una forma novedosa de presentación del espacio físico del museo, más allá de las posibilidades del folleto de promoción tradicional. Aún así, apenas un 33,3% de los museos utilizan este recurso, con una mayor presencia en la los países tradicionales (47,1%), seguido de cerca por otros países (36,4%) y Península Ibérica (33,3%).



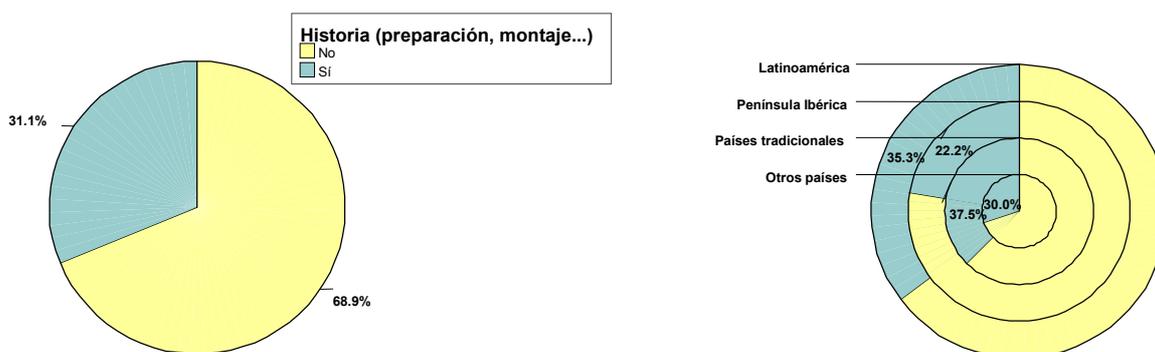
III.5. Información sobre exposiciones

La información sobre las exposiciones existentes en los museos se puede encontrar en la absoluta mayoría (96,8%) de los museos analizados.



III.5.1. Historia (preparación, montaje...)

Un nivel más profundo de la información acerca de una exposición física abarcaría su trasfondo, con las orígenes de su desarrollo, la forma como se ha preparado y montado, los especialistas que han intervenido y las entidades que han colaborado. El análisis se ha realizado sobre el conjunto de museos que presentan información sobre sus exposiciones (categoría anterior). De éstos, el 31,1% presentan este tipo de información, con la mayor proporción observada en los países tradicionales (37,5%) y Latinoamérica (35,3%).



III.5.2. Descripción detallada

De manera similar, algunos museos presentan la información sobre las exposiciones existentes de forma más detallada, con textos más largos, fotos, vídeos, plano de ubicación dentro del museo. El criterio que hemos utilizado para definir la descripción detallada fue la ocurrencia de una página individual para cada sección que componga una exposición.



III.6. Información sobre colecciones

Otra alternativa, más relacionada con los museos de historia de la ciencia o de historia natural que tradicionalmente se centran en el objeto, es la información acerca de las colecciones presentes en el museo. Debido también a la diferencia entre la concepción de los museos científicos y centros interactivos de ciencia, apenas el 23,8% de los museos analizados presentan este tipo de información a su público.



IV. El museo virtual

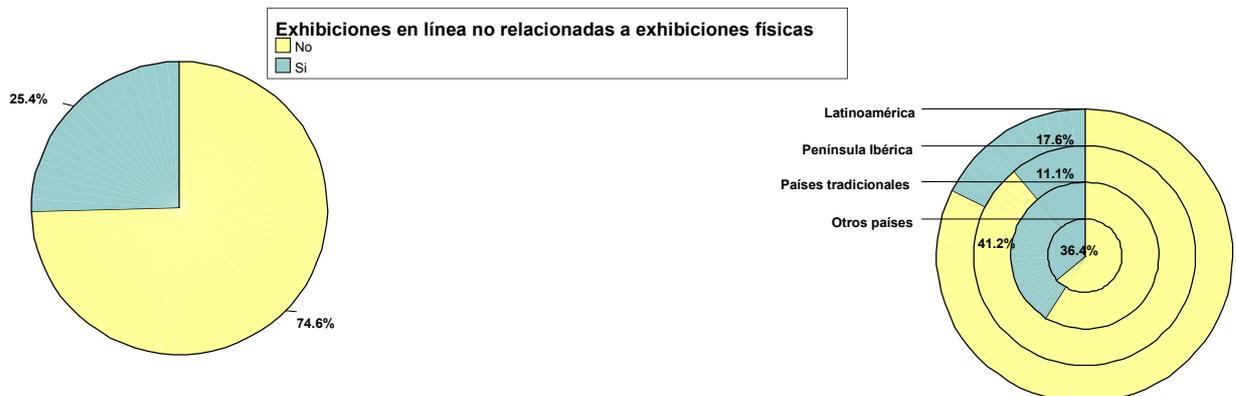
IV.1. Exposiciones en línea de exposiciones físicas

Las exposiciones en línea de las exposiciones físicas, en una forma que trascienda la mera información sobre la exposición, con la disposición de la información que compone la exposición de una manera completa y que intente simular o provocar una experiencia de visita propia, se ha encontrado en el 38,1% de los museos analizados, con una amplia superioridad de los países tradicionales (76,5%) sobre Latinoamérica y Península Ibérica (17,7% y 16,7%, respectivamente).



IV.2. Exposiciones en línea no relacionadas a exposiciones físicas

Al museo virtual también se le ofrece la oportunidad de realizar exposiciones que no tienen paralelo en el mundo real, siguiendo las mismas pautas de diseño comentadas anteriormente. Apenas el 25,4% de los museos analizados utilizan esta característica del medio digital, con una mayor presencia en los países tradicionales y otros países (41,2% y 36,4%) frente a 17,7% y 11,1% de Latinoamérica y Península Ibérica.



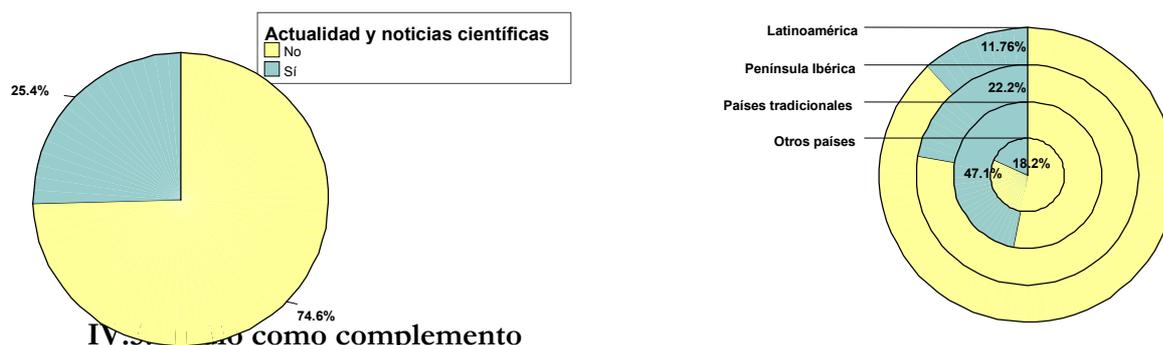
IV.3. Colecciones en línea

Las colecciones virtuales dan un paso más allá que la simple información sobre las colecciones existentes en el museo, permitiendo el acceso –a través de navegación o búsqueda por palabras clave– a los objetos del museo, por lo general, a una ficha con los datos de identificación, fotografías y descripciones del objeto en cuestión. Una baja proporción de los museos encuestados (12,7%) presenta este tipo de información, con una gran concentración en los países tradicionales (35,3%) y la casi ausencia en las demás zonas de análisis. Esta baja proporción también se puede explicar por las distintas concepciones de museos científicos, teniendo en cuenta que nuestra muestra incluye tanto a los museos tradicionalmente centrados en los objetos como aquellos de carácter interactivo (“*hands-on*”).



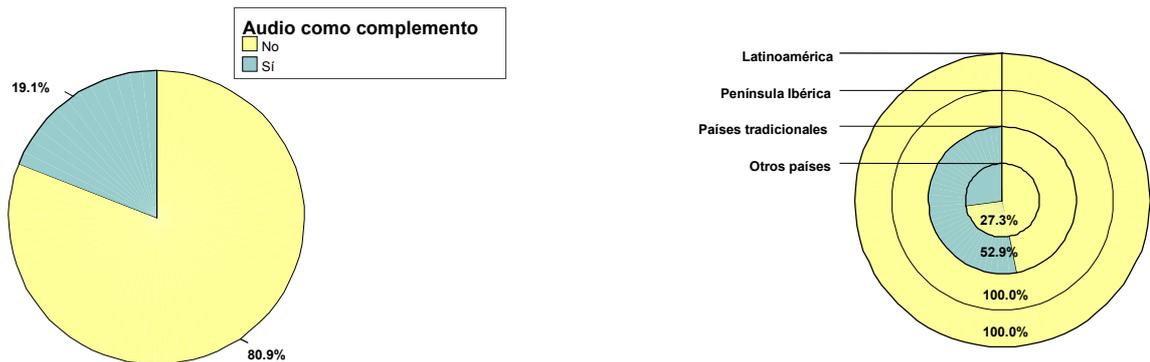
IV.4. Actualidad y noticias científicas

La presencia de una sección de noticias y de actualidad científica emerge de la convergencia de los medios digitales y surge como una oportunidad para los museos y centros de ciencia reaccionen de forma inmediata a los acontecimientos, en comparación con el lento proceso que supone la creación de una exposición física. Por otro lado, también surgen como modo de complementar y mantener el interés por los temas tratados. Este tipo de información se ha observado en el 25,4% de los museos analizados, con una mayor proporción en los países tradicionales. De hecho, la generación constante de información de carácter periodístico, siempre actualizada, tiene altos costes, de forma que su presencia en Latinoamérica (11,8%) es escasamente notada.



IV.5. Museo como complemento

Uno de los principales puntos de justificación de la utilización de medios digitales para la realización del museo en el medio digital es justamente la capacidad de presentar la información en formato multimedia, con la utilización integrada de textos, fotografías, sonido, vídeo, animaciones interactivas, etc. Sin embargo, la utilización del audio, por ejemplo para la reproducción de sonidos de fenómenos naturales, declaraciones de expertos y registros históricos, etc., apenas se utiliza (19,1%). Su presencia se centra sobretudo en los países tradicionales (52,9%), mientras en Latinoamérica y Península Ibérica su empleo es inexistente.



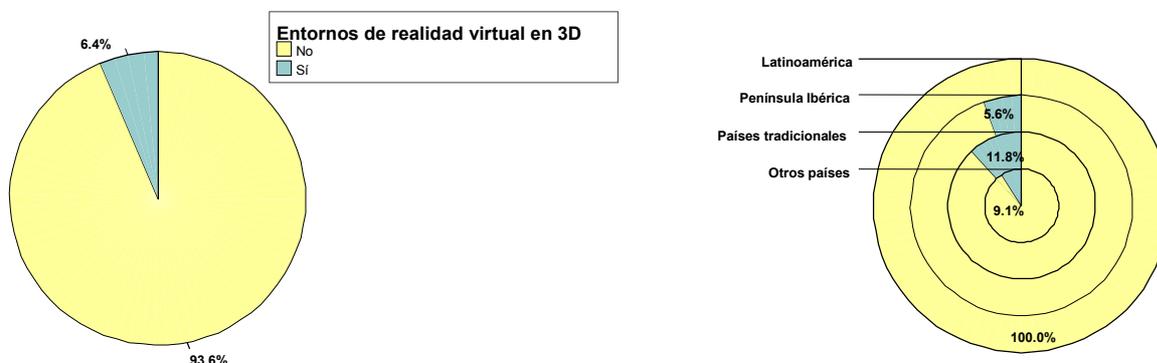
IV.6. Vídeo como complemento

De la misma forma, el vídeo, con la representación de procesos a lo largo del tiempo, con la conexión al mundo de la naturaleza o con el objetivo de causar reacciones de naturaleza emocional en el visitante, tiene una mayor presencia en los museos virtuales (30,2%). Sin embargo, se observa el una mayor utilización en los países tradicionales y otros países, mientras que en Latinoamérica no se utiliza y en Península Ibérica apenas se observa (5,6%).



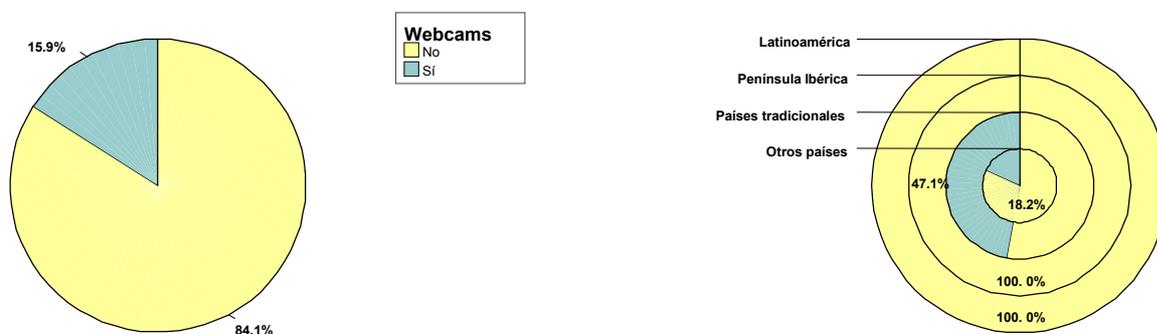
IV.7. Entornos de realidad virtual en 3D

Los ambientes de realidad virtual en 3D, como elementos novedosos de simulación del museo físico o de proporcionar una nueva experiencia de visita al usuario del museo virtual, aunque se comenten en la literatura sobre el tema, en la práctica todavía consisten un elemento de difícil y costosa creación. Motivo por el cual se observa de forma muy puntual, en apenas un 6,4% de los museos analizados.



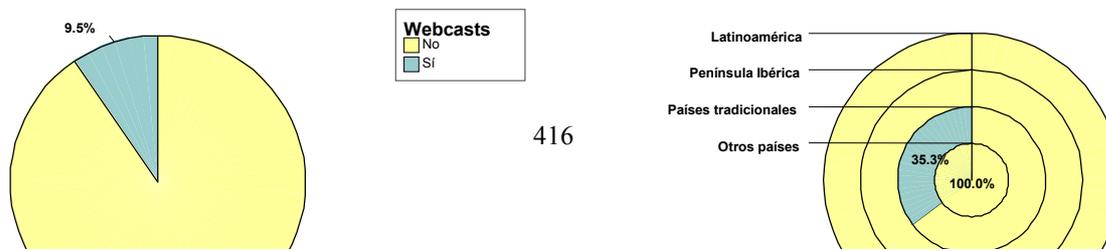
IV.8. “Webcams”

La presencia de “webcams” dentro del museo, como manera de acercar el usuario remoto al museo físico, sea para proporcionar una sensación del ambiente del museo o mismo para que puedan acompañar experimentos o fenómenos, se utiliza escasamente (15,9%), con una gran concentración en los países tradicionales (47,1%) y alguna ocurrencia en otros países (18,2%).



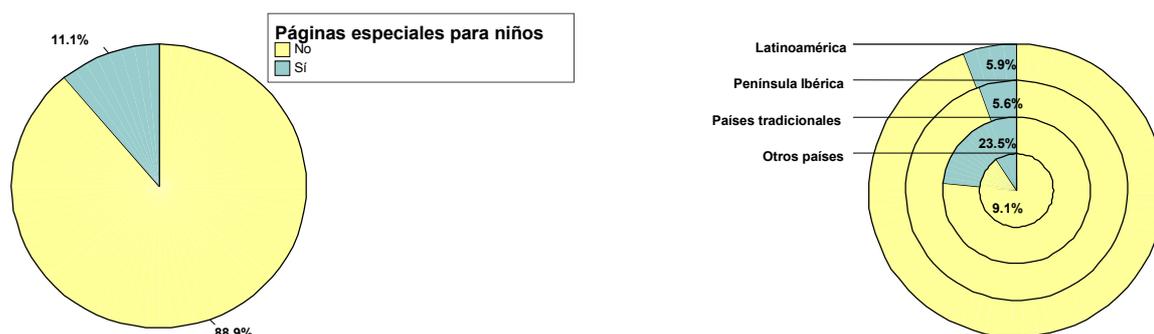
IV.9. “Webcasts”

Los “webcasts”, transmisiones en tiempo real de eventos a través de Internet son una manera más sofisticada de acercar el ambiente del museo al usuario remoto, o por otro lado, de acercar el mundo de la investigación científica a los museos y centros de ciencia. Este tipo de tecnología supone una gran inversión en tecnología y conocimiento técnico especializado, de forma que se ha observado en apenas el 9,5% de los museos, todos en los países desarrollados, donde su presencia es de un 35,3%.



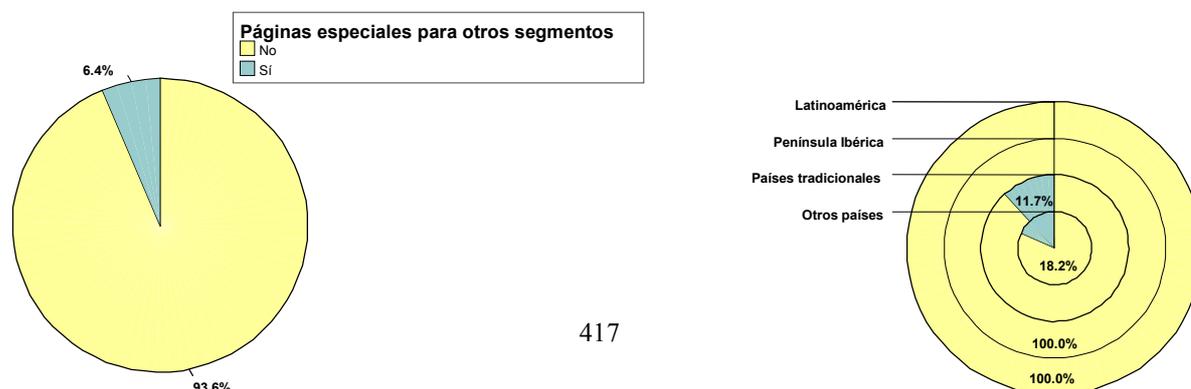
IV.10. Páginas especiales para niños

La segmentación del público, con la creación de páginas especiales para determinados segmentos de la audiencia, como por ejemplo los niños, es una característica de los museos físicos que también se debería trasladar al medio digital. Apenas un 11,1% de los museos analizados presentan de forma explícita una sección diseñada con el público infantil y sus necesidades en mente, con una proporción ligeramente superior en los países tradicionales (22,5%) frente a las otras zonas de análisis.



IV. 11. Páginas especiales para otros segmentos

De la misma forma, el museo virtual también puede realizar páginas y exposiciones especiales para otros segmentos, por ejemplo como pueden ser el público de tercera edad o el público constituido por turistas. En este sentido, una proporción todavía más pequeña (6,4%) utiliza este recurso, con su ausencia en Latinoamérica y Península Ibérica.



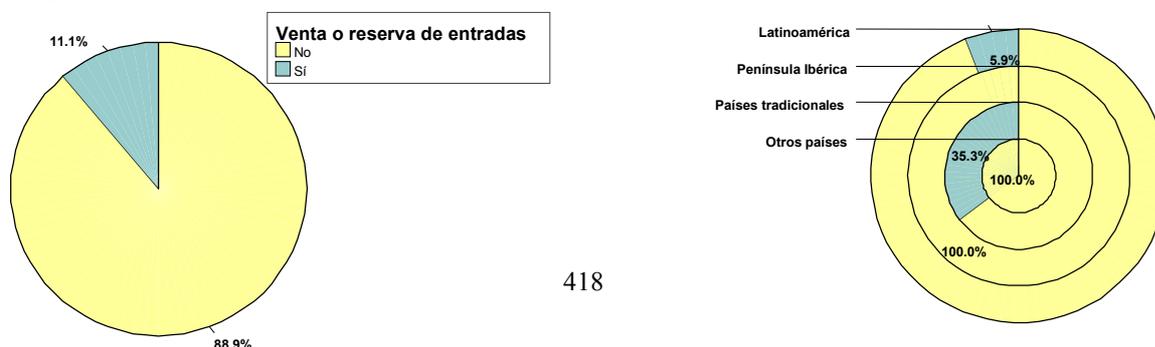
IV.12. Tienda en línea

El comercio electrónico también se apunta como uno de las fuentes de financiación para el museo virtual y el completo traslado de la institución al medio digital también debería contemplar las actividades auxiliares a las principales funciones del museo. Particularmente, el comercio electrónico trae consigo la promesa de alcanzar a un mercado potencialmente ilimitado y de ofrecer productos muy específicos, que no pueden ser adquiridos con facilidad. Apenas un 25,4% de los museos analizados presenta su tienda en línea, con una amplia concentración en los países tradicionales (58,8%) y una presencia muy pequeña en Latinoamérica (5,9%).



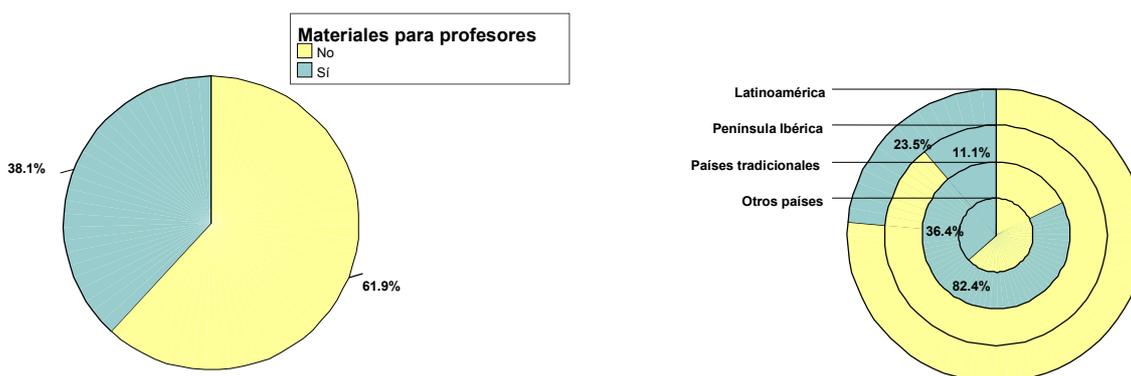
IV.13. Venta o reserva de entradas

Una aplicación un poco particular del comercio electrónico sería la venta o reserva de entradas en línea. En la misma medida en que el proceso de automatización de una determinada actividad del museo ahorraría gastos, por otro lado esta iniciativa solamente se justificaría en aquellos museos de gran porte donde la adquisición de entradas en el acto resulte difícil o complicada. Así, apenas un 11,1% de los museos analizados presentan este tipo de servicio en línea. Prácticamente todos situados en los países tradicionales (35,3%) y ocurre puntualmente en Latinoamérica.



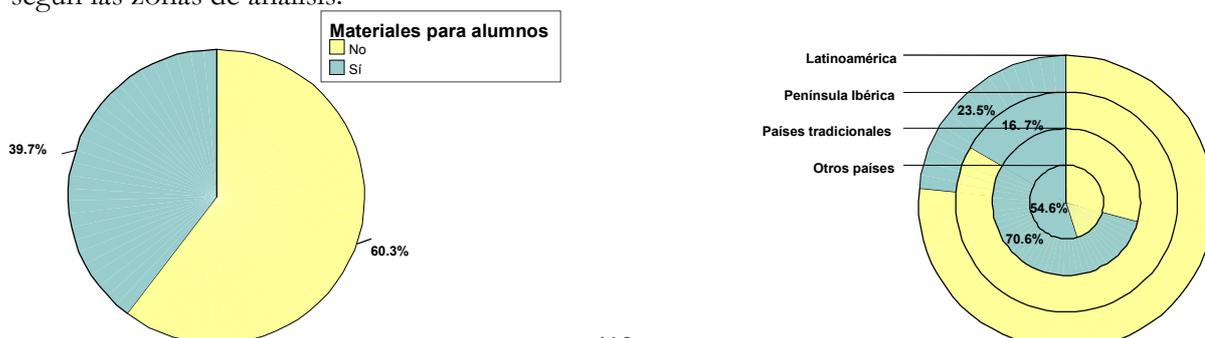
IV.14. Materiales para profesores

Una de las grandes promesas del museo virtual es potenciar la misión educativa del museo, funcionando como soporte para las actividades de enseñanza de la ciencia realizadas en las escuelas. Un punto crucial en esta actividad son los materiales destinados a los profesores – guías temáticas o curriculares, sugerencias de actividades, ejercicios– que luego se puedan aplicar a las actividades descritas. La existencia de materiales específicos para los profesores se ha observado en el 38,1% de los museos. La distribución es muy variada en relación con la zona geográfica, con una mayor predominancia de los países tradicionales (82,4%) y una débil presencia en la Península Ibérica (11,1%).



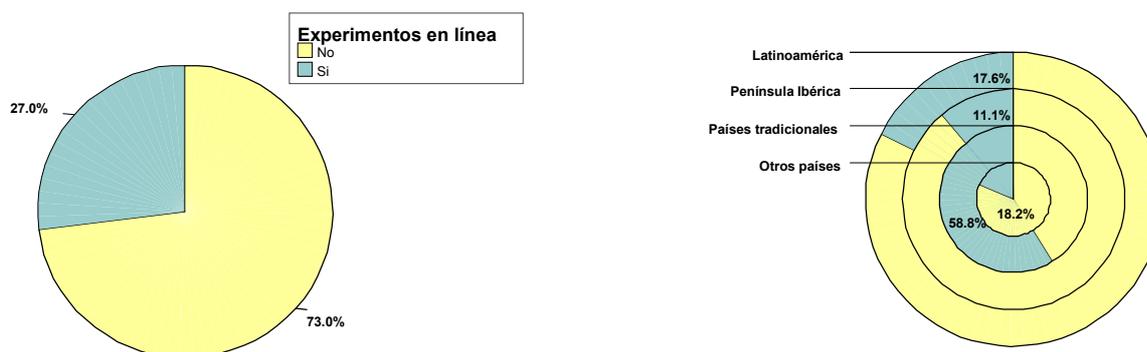
IV.15. Materiales para alumnos

De la misma forma, la misión educativa del museo también debería orientarse hacia los alumnos, con la preparación de actividades que complementen y proporcionen un seguimiento a la visita al museo, al mismo tiempo en que estimulen su lado afectivo. Los materiales para alumnos se ha observado en el 39,7% de los museos analizados. La proporción se mantiene según las zonas de análisis.



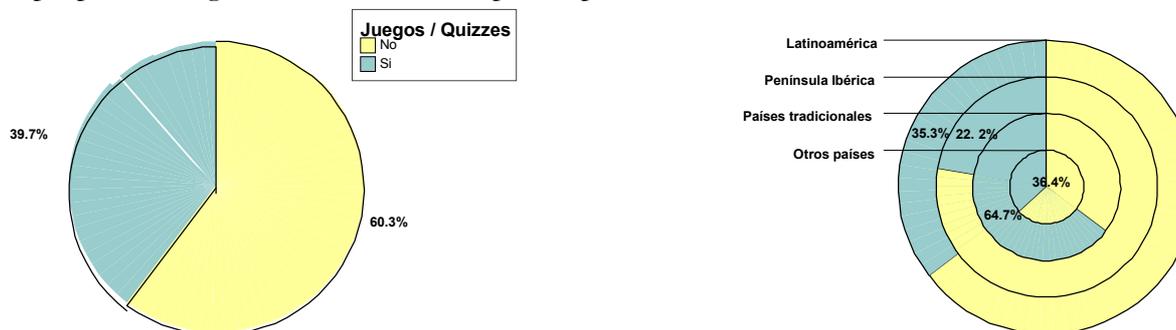
IV.16. Experimentos virtuales

Los experimentos virtuales representan el traslado hacia el medio digital de filosofía “hands-on” de los centros de ciencia interactivo, incluso ampliando las que se pueden encontrar en la realidad. Se han observado en un 27,0% de los museos analizados, y aunque esta proporción sea menor que las de materiales educativos, la distribución según las zonas es prácticamente constante.



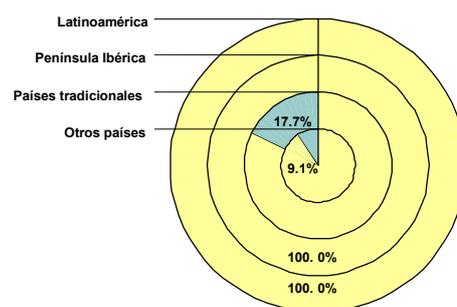
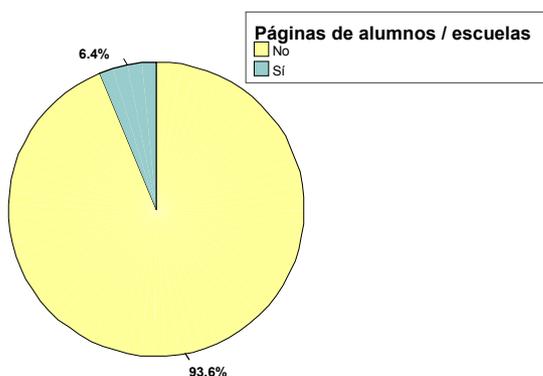
IV.17. Juegos / “Quizzes”

Los juegos en línea y los “quizzes”, pequeños cuestionarios de auto-evaluación para poner a prueba de forma divertida los conocimientos del visitante también poseen un carácter emocional y conservan la filosofía de diversión que los centros de ciencia interactivo buscan en la visita. Los juegos y “quizzes” se han observado en (39,7%) de los museos analizados y otra vez, la proporción según la zona de análisis parece permanecer constante.



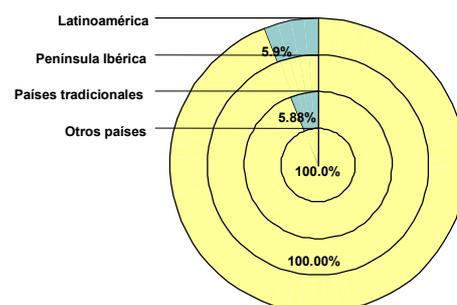
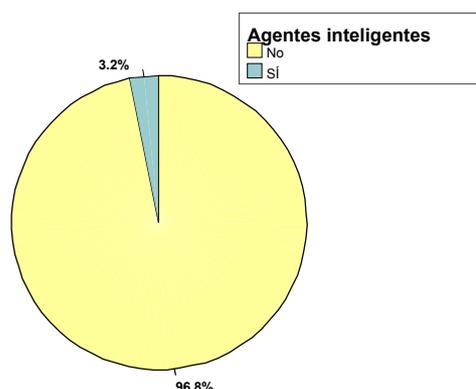
IV.18. Páginas de alumnos / escuelas

La colaboración directa con las escuelas se apunta por algunos autores como uno de los principales cambios que la utilización del medio digital puede operar sobre la misión educativa del museo e incluso por su concepción. Concretamente, la ruptura de las barreras temporales y espaciales y las estrategias de trabajo colaborativo proporcionados por la Red potencian aún más la colaboración. En este sentido, como actividad de seguimiento de las visitas escolares, aquellas escuelas tecnológicamente capacitadas podrían construir sus propios recursos y exposiciones y de paso capacitar a los alumnos en la utilización de las nuevas tecnologías. Y estos contenidos serían agregados al repertorio del museo. Este tipo de propuesta todavía es escasamente implementada (6,4%), pues conlleva cambios en la propia concepción del museo y de su figura de autoridad. En Latinoamérica y Península Ibérica, concretamente, no se ha observado ningún caso.



IV.19. Agentes inteligentes

Los agentes inteligentes se utilizan para la recuperación automática de la información deseada por el usuario / visitante, utilizando técnicas de inteligencia artificial y posiblemente personajes antropomórficos para la obtención de una mejor relación con el usuario. Debido a la gran sofisticación y al carácter todavía experimental de este recurso, solamente 3,2% de los museos lo utilizan, en aplicaciones prototipo.



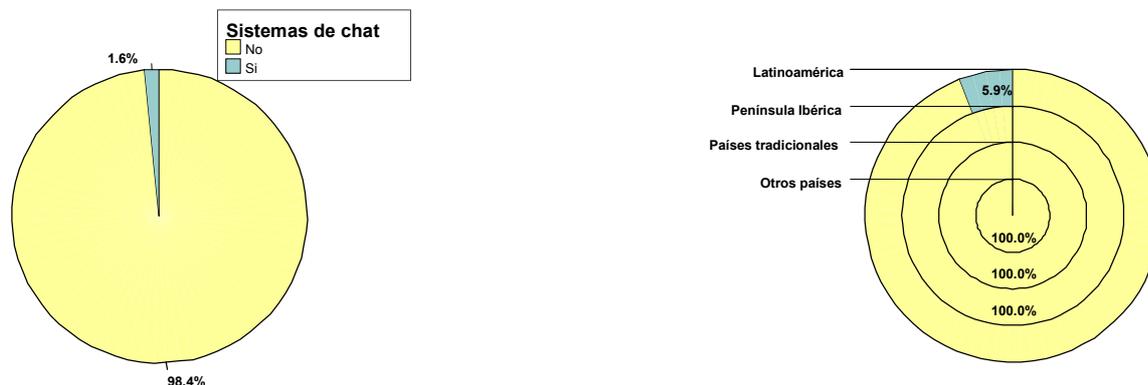
IV.20. Personalización

El objetivo de la personalización es permitir una mejor recuperación de la información por parte del usuario, según sus intereses y trasfondos. La personalización de la interfaz o de los contenidos se anuncia de forma explícita en apenas el 4,8% de los museos analizados, debido quizás a la complejidad que supone desarrollar este tipo de sistema, no solo técnica, sino también en la organización y elaboración de contenidos específicos para cada perfil de usuario.



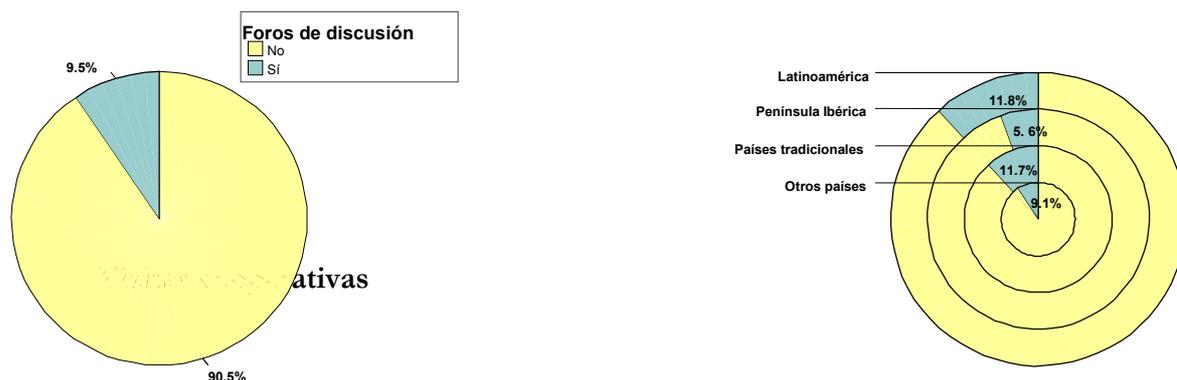
IV.21. Salas de “chat”

Las salas de conversación de “chat” permitirían a los usuarios establecer conversaciones en tiempo real y se justifican en la medida en que un museo temático también establece un sentido de comunidad virtual, de personas que tienen en común el interés por el tema tratado. Además, las salas de conversación también permitirían la realización de conferencias virtuales con científicos y expertos. Pese a estas posibilidades, apenas se ha observado la presencia del “chat” (1,6%), con la concentración en Latinoamérica y la inexistencia en los países tradicionales.

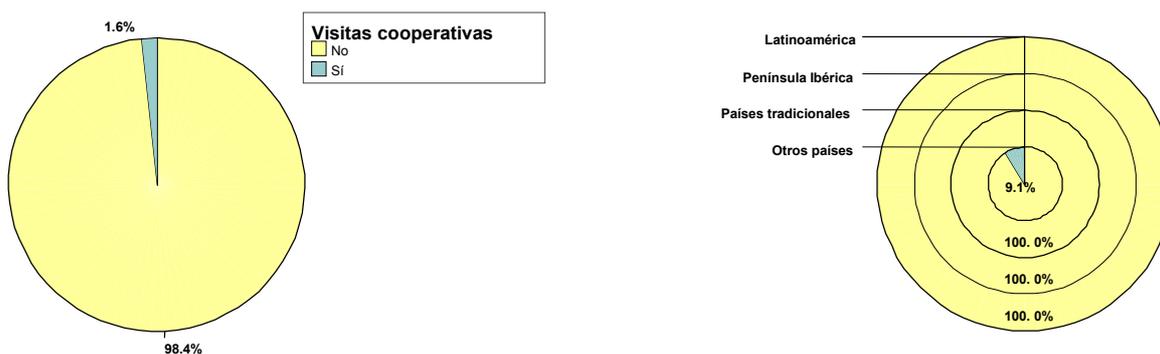


IV.22. Foros de discusión

Al contrario del “chat”, los foros de discusión permiten la comunicación de forma asíncrona, con el establecimiento de discusiones estructuradas. Su presencia es algo mayor (9,5%) y con una mejor distribución según la zona geográfica, pero aún así, pequeña. También cabe notar que los foros y “chats” solamente adquieren un sentido, con la generación de discusiones interesantes, con el uso de la moderación por parte de un experto que promueva la discusión profunda y de interés, motivo por el cual, el museo debe involucrarse plenamente.



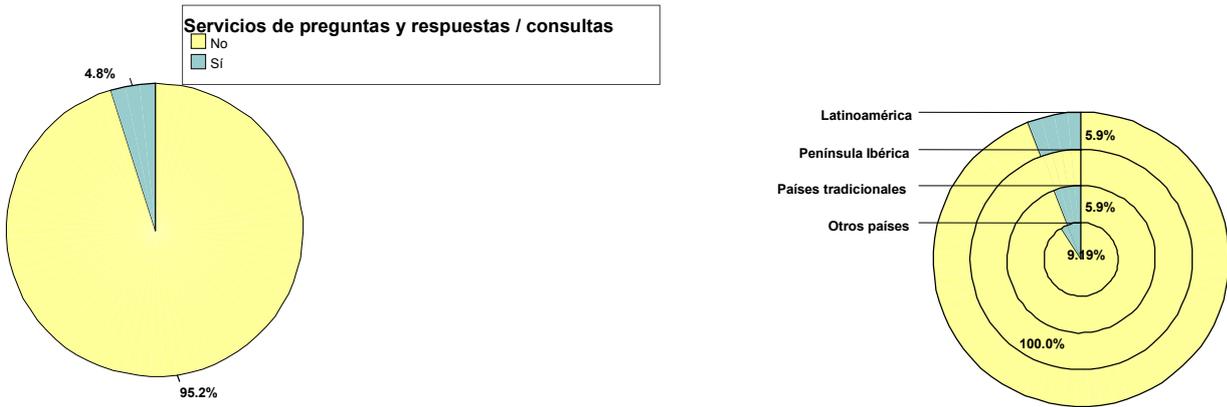
Las visitas cooperativas en línea constituyen un método de superar el aislamiento de la experiencia virtual, conectando a usuarios remotos entre sí o a usuarios remotos y presentes en el museo físico. Sin embargo, solo uno de los museos analizados ha implementado un sistema con estas características, de forma que esta categoría todavía debe situarse en un plan experimental.



IV.24. Servicio de preguntas y respuestas / consultas

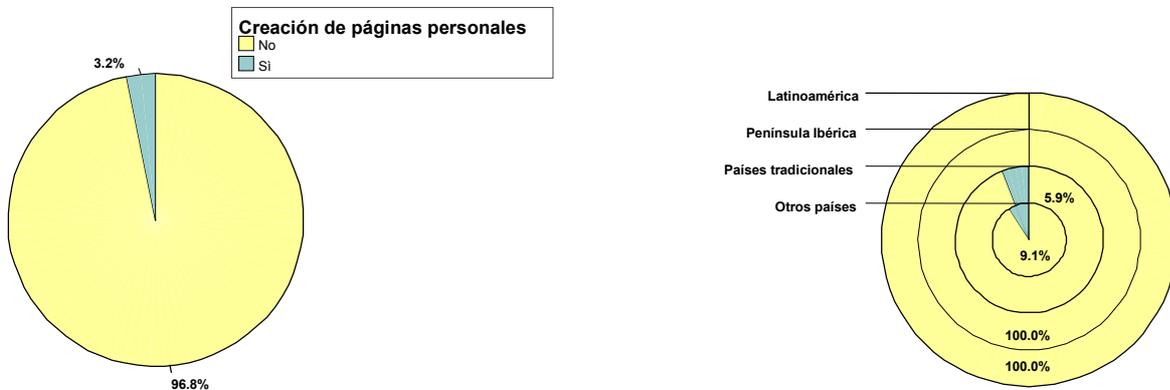
Los servicios de preguntas a especialistas, sobre temas científicos, aunque también se utilicen en los medios tradicionales, se ven potenciados en el medio digital debido a la facilidad de la comunicación digital y a la ampliación del público potencial. Aunque sean relativamente

frecuentes en portales y revistas electrónicas de divulgación científica, en los museos analizados su presencia es escasa, un 4,8%.



IV.25. Creación de páginas personales

Una interesante estrategia de captación del público visitante y de su fidelización es permitir la creación de páginas personales, sean estas asociadas a una visita física realizada al museo o no. En una página personal, el usuario seleccionaría aquellos elementos y exposiciones que más le interesaran, recomponiendo y reconstruyendo la información según su visión personal del tema.



V. Tecnologías utilizadas

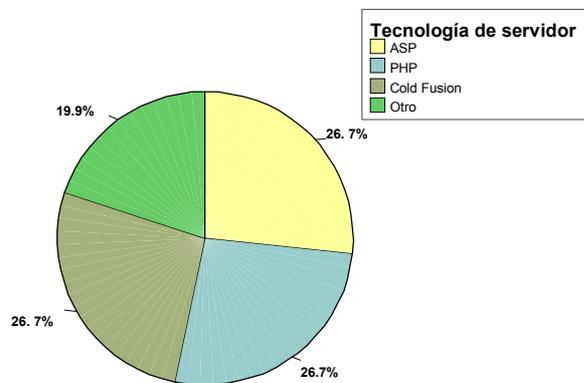
V.1. Tecnologías de servidor

Con tecnologías de servidor nos referimos a la tecnología utilizada para servir las páginas Web. Mientras que las páginas HTML poseen un carácter estático, con una interacción muy limitada con el usuario, las llamadas tecnologías dinámicas que conectan la página de presentación a servidores de bases de datos permiten la realización de aplicaciones más sofisticadas y una mayor interactividad, así como una mayor facilidad de mantenimiento. Hemos

observado una predominancia de las páginas estáticas (71,2%), especialmente en Latinoamérica (94,1%) mientras las otras zonas observan la media.

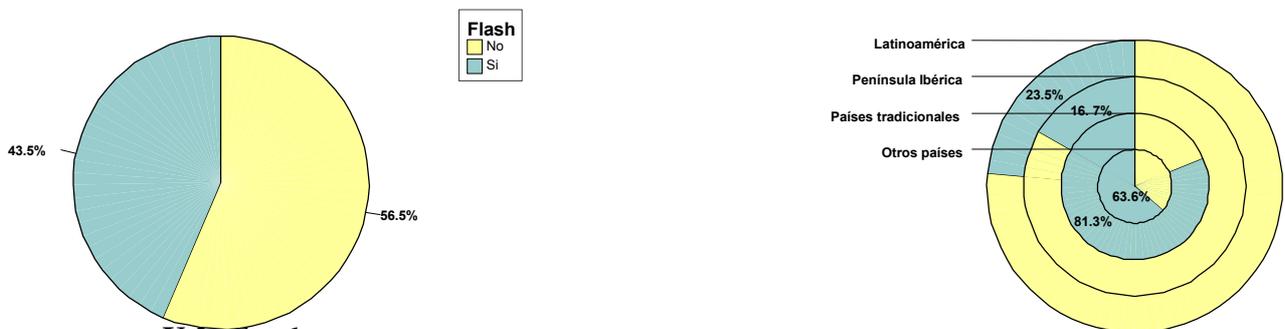


En relación con las tecnologías utilizadas, hay una distribución igualitaria entre tecnologías propietarias (ASP, Cold Fusion) y alternativas de código libre (PHP):



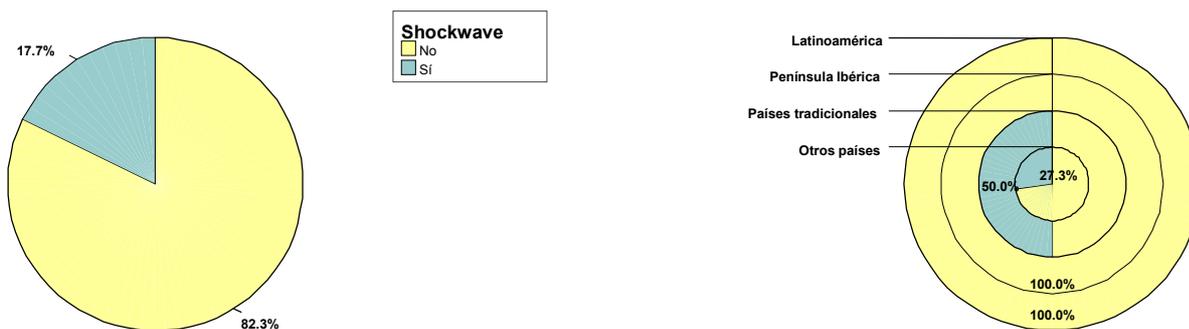
V.2. Flash

El Macromedia Flash es una tecnología utilizada para la creación de animaciones, juegos, mapas interactivos y experimentos en línea. Se ha observado en el 43,6% de los museos, con una mayor predominancia en los países tradicionales (81,3%). No hemos considerado el uso “cosmético” de la tecnología, en la creación de interfaces más atractivas, sino el uso en aplicaciones realmente interactivas como las supra-mencionadas.



V.3. Shockwave

La tecnología Shockwave, similar al Flash, también se utiliza para la creación del mismo tipo de aplicaciones mencionados anteriormente, aunque constituya la base para la creación de aplicaciones multimedia en CD-ROM u otros formatos. Su uso es menos frecuente (17,7%), por tratarse de una tecnología más sofisticada y con una curva de aprendizaje más elevada, por no mencionar el coste más alto. Su uso está concentrado en los países tradicionales (72,7%) y en menor extensión en otros países (27,3%). E inexistente en Latinoamérica y Península Ibérica.



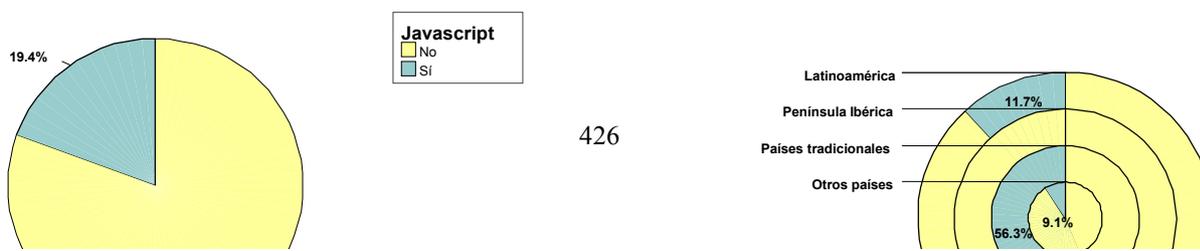
V.4. Java

La tecnología Java se puede utilizar para la creación de cualquier tipo de aplicación informática pero su principal aportación a lo museos científicos sería en la construcción de simuladores físicos o matemáticos, y en la creación de modelos bi o tridimensionales interactivos. Se ha observado en el 12,9% de los museos. E inexistente en Latinoamérica y Península Ibérica.



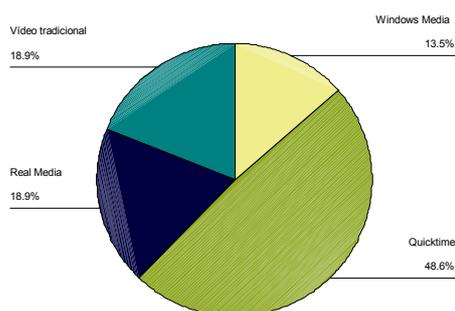
V.5. Javascript

Este lenguaje de programación se puede utilizar para la construcción de simuladores matemáticos, calculadoras y “quizzes”, proporcionando elementos interactivos de fácil creación. Se ha observado en un 19,4% de los museos analizados, con predominancia en los países tradicionales (56,3%). E inexistente en la Península Ibérica.



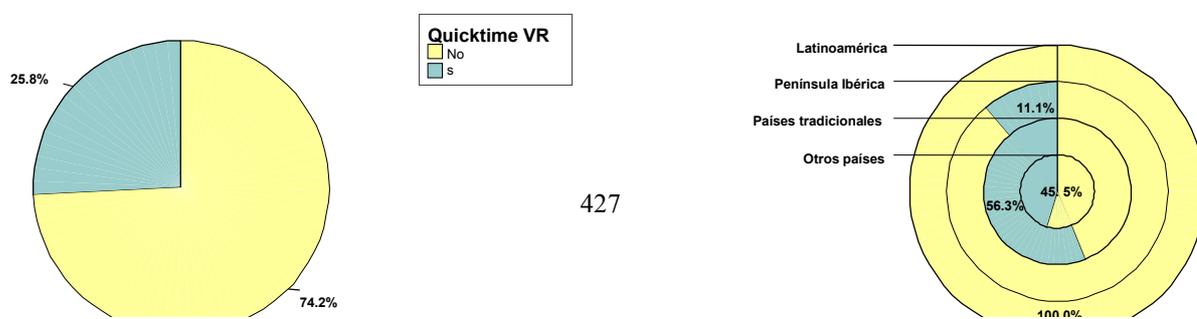
V.6.-V.10. Tecnología de vídeo

De los museos virtuales que utilizan el vídeo como complemento se ha observado una predominancia del formato Quicktime, con proporciones similares de los formatos de vídeo tradicional (MPEG y AVI) y de la tecnología Real Media. La tecnología Windows Media, pese a su buen desempeño todavía tiene un bajo nivel de aceptación. También hay que destacar que algunos museos utilizan más de uno formato, para proporcionar alternativas a sus usuarios.



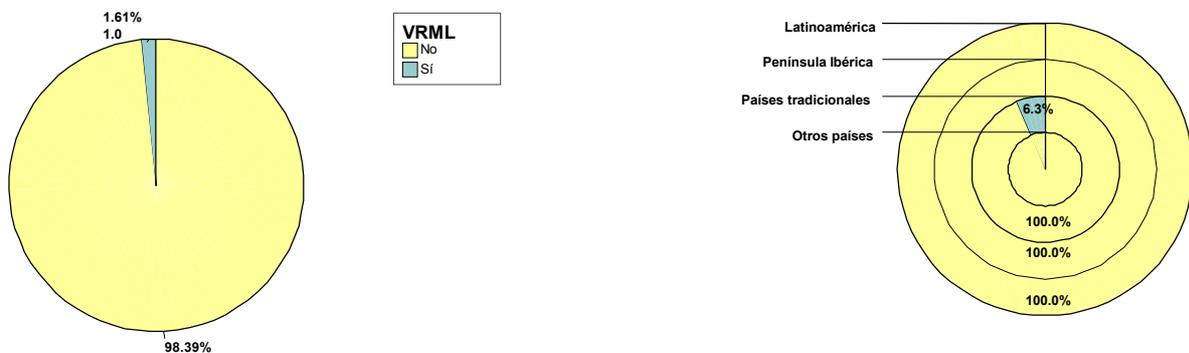
V.11. Quicktime VR

La tecnología Quicktime VR se utiliza para la simulación de ambientes en 3D, a través de fotos panorámicas interactivas. Su uso destacado es en la visita virtual, a las salas, galerías y otros ambientes del museo físico, pero también se puede aplicar a otros casos. El 25,81% de los museos encuestados utilizan esta tecnología, con una gran concentración en los países tradicionales (54,3%) y otros países (45,5%) e inexistencia en Latinoamérica.

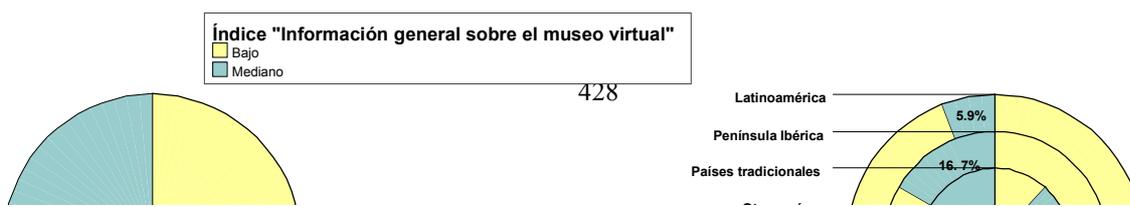


V.12. VRML

Un formato de realidad virtual no inmersita, VRML es un lenguaje para la creación de ambientes o mundos virtuales u objetos interactivos en 3D. Se ha observado en un caso puntual.



Computando todas las ocurrencias de las categorías abarcadas dentro de la información general sobre el museo virtual se ha calculado un **“Índice de información general sobre el museo virtual”**, el porcentaje de las ocurrencias sobre el total de categorías analizadas, para cada caso. Un índice calculado hasta el 25% se ha considerado como bajo, entre un 25 y un 75% se ha considerado mediano y mayor que un 75% se ha considerado alto. Del total de nuestra población, un 44,4% ha presentado un índice mediano, mientras que el 55,6% ha presentado un índice bajo. Ningún de los museos ha presentado un índice alto. Los museos más completos en relación con la información sobre el sitio Web han sido aquellos ubicados en los países tradicionales (88,3% con un índice mediano), seguidos por otros países (81,8% con un índice mediano). En contrapartida, apenas un 16,7% de los museos de la Península Ibérica han mostrado un índice mediano y apenas el 5,9% de los museos de Latinoamérica han presentado una métrica similar.

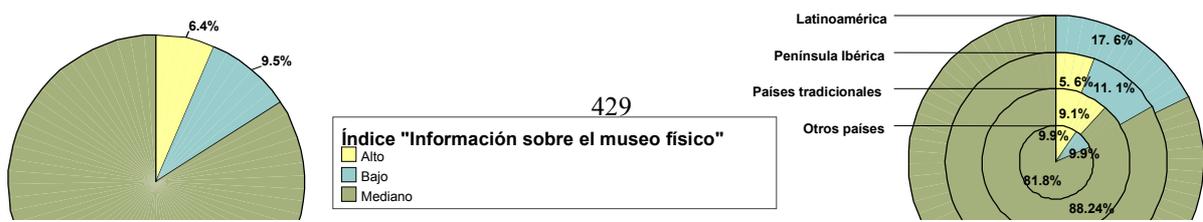


El índice de información general sobre el museo virtual podría interpretar el grado de auto-conocimiento que el museo virtual tiene de si mismo, reconociendo y explicitando información sobre el proyecto, además de representar también las facilidades que se proporcionan al usuario para realizar la visita virtual, a través de algunos criterios de usabilidad, y por último, el grado de auto-promoción que el museo puede realizar a través de Internet.

De manera general, y en particular en Iberoamérica, los bajos índices observados reflejan lo que se había observado con el análisis de cada categoría individual: la mayoría de los museos virtuales está pasando por alto recursos que se podrían implementar con un pequeño esfuerzo y que contribuirían a promocionar el museo y la imagen de la institución a nivel mundial. Concretamente, también es preocupante la escasa presencia de información de carácter legal, como por ejemplo aquella relacionada con los derechos de autor y con la accesibilidad, y que deberían obligatoriamente encontrarse presentes. Al olvidar muchos de estos recursos, los museos virtuales están dificultando el acceso a su información, a través de la ausencia de informaciones que faciliten la visita virtual o de mecanismos que faciliten su difusión, pero contradiciendo también su propia misión como institución cultural de atender a una población lo más grande posible.

Índice de información sobre el museo físico

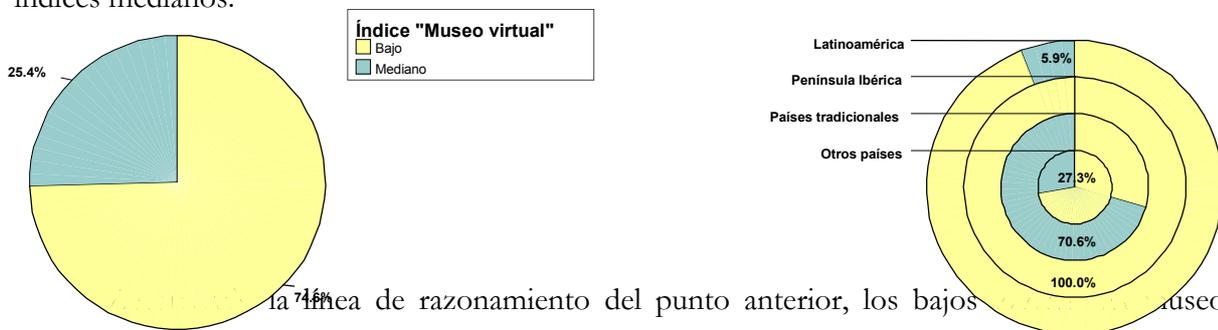
El mismo procedimiento y criterios se han aplicado al subconjunto de información acerca del museo físico. En este caso, el 6,4% de los museos han presentado un índice alto, 84,1% han presentado un índice medio y el 9,5% un índice bajo. Según las zonas de análisis se observa un comportamiento similar en Latinoamérica, Península Ibérica y otros países, pero con una mayor ocurrencia de índices bajos en las dos primeras. En Latinoamérica no se ha observado ningún museo con índice alto, mientras que en los países tradicionales ningún museo ha presentado un índice bajo. En la Península, un 11,1% ha presentado un índice medio y apenas un 5,6% un índice alto.



Los índices más altos en el conjunto de información que describe el museo físico en Internet en relación con el índice que describe solamente el museo virtual indican que todavía hay una relación muy fuerte entre el museo virtual y el museo real. Este hecho y sobre todo el análisis de algunas categorías individuales, como por ejemplo la información logística y la información de visita, nos lleva a creer que la mayoría de los museos virtuales todavía tiene su creación fundamentada en el concepto de “folleto virtual”. Así, uno de las principales razones de existencia del museo virtual sería la promoción del museo físico y de facilitar las visitas reales.

Índice del Museo virtual

El último índice, calculado de la misma manera que los anteriores, se refiere al grado de virtualidad de los museos, expresado por las categorías de análisis. No hemos observado la existencia de índices altos, con la predominancia de los índices bajos (74,60% del total): La situación es más marcada en la Península Ibérica, con el 100% de índices bajos y Latinoamérica, con un 94,12%. En los otros países la situación es algo más favorable (72,73% de índices bajos), mientras que en los países tradicionales se observa un 29,41% de índices bajos y un 70,59% de índices medianos.



La línea de razonamiento del punto anterior, los bajos índices del museo virtual confirman la hipótesis de que los museos virtuales de la actualidad todavía tienen una estrecha relación con el museo físico y con la diminuta existencia de iniciativas en el ámbito puramente digital. Aunque algunas categorías de análisis se refieren a recursos de carácter casi experimental, como los ambientes virtuales en 3D, o que exijan unas inversiones inasequibles

para la mayoría de los museos, como los “webcasts”, lo que ha contribuido a bajar las medias, el análisis de categorías individuales, de recursos y servicios más factibles demuestra que todavía no se ha operado un cambio de paradigma en relación con cual el papel que los museos y centros de ciencia deben realizar en Internet, con la potenciación de su misión educativa.

Estos resultados también se pueden analizar según las siguientes tablas. El índice de información sobre el museo virtual, considerando la muestra completa de 63 casos, ha tenido una media del 28,8% con una desviación estándar del 12,6%. El índice de información sobre el museo físico ha tenido una media del 48,5%, con una desviación estándar de 17,6% y el índice del museo virtual ha tenido una media de un 15,7% con una desviación estándar de 15,5%. Comparativamente, Latinoamérica y la Península Ibérica han presentado índices similares, según demuestran las medias según zona geográfica. La región de “otros países” ha presentado índices superiores a la media, aunque no muy distantes, mientras que los países tradicionales han presentado los mejores índices, muy superiores a la media.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Índice "Información general sobre el museo virtual"	63	.0625	.6563	.287670	.1264191
Índice "Información sobre el museo físico"	63	.1429	.8571	.485261	.1756249
Índice "Museo virtual"	63	.0000	.6296	.157113	.1547492
Valid N (listwise)	63				

Descriptive Statistics

Región		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Latinoamérica	Índice "Información general sobre el museo virtual"	17	.1250	.3438	.200368	.0564004
	Índice "Información sobre el museo físico"	17	.1429	.6071	.382353	.1416043
	Índice "Museo virtual"	17	.0000	.2963	.076797	.0801718
	Valid N (listwise)	17				
Península Ibérica	Índice "Información general sobre el museo virtual"	18	.0625	.3438	.218750	.0750306
	Índice "Información sobre el museo físico"	18	.2143	.8571	.408730	.1408590
	Índice "Museo virtual"	18	.0000	.1852	.059671	.0720182
	Valid N (listwise)	18				
Países tradicionales	Índice "Información general sobre el museo virtual"	17	.1875	.5938	.393382	.1105179
	Índice "Información sobre el museo físico"	17	.3571	.8214	.638655	.1203751
	Índice "Museo virtual"	17	.1111	.6296	.328976	.1492335
	Valid N (listwise)	17				
Otros países	Índice "Información general sobre el museo virtual"	11	.2188	.6563	.371994	.1286793
	Índice "Información sobre el museo físico"	11	.1429	.8571	.532468	.1767439
	Índice "Museo virtual"	11	.0000	.3704	.175084	.1229394
	Valid N (listwise)	11				

Para averiguar si hay una relación entre los distintos índices, es decir, si el grado de presencia de información general sobre el sitio Web o sobre el museo físico se puede relacionar de alguna forma con el grado de sofisticación del museo virtual, en su sentido pleno, hemos realizado una prueba de correlación, con el cálculo del índice de Pearson. En el primer caso, hay una relación positiva entre el índice "Información general sobre el museo virtual" y el "Índice Museo Virtual", con un coeficiente bastante alto de 0,763.

Correlations

		Índice "Información general sobre el museo virtual"	Índice "Museo virtual"
Índice "Información general sobre el museo virtual"	Pearson Correlation	1	.763**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	63	63
Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.763**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	63	63

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

Región			Índice "Información general sobre el museo virtual"	Índice "Museo virtual"
Latinoamérica	Índice "Información general sobre el museo virtual"	Pearson Correlation	1	.136
		Sig. (2-tailed)	.	.603
		N	17	17
Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.136	1	
	Sig. (2-tailed)	.603	.	
	N	17	17	
Península Ibérica	Índice "Información general sobre el museo virtual"	Pearson Correlation	1	.668**
		Sig. (2-tailed)	.	.002
		N	18	18
Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.668**	1	
	Sig. (2-tailed)	.002	.	
	N	18	18	
Países tradicionales	Índice "Información general sobre el museo virtual"	Pearson Correlation	1	.761**
		Sig. (2-tailed)	.	.000
		N	17	17
Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.761**	1	
	Sig. (2-tailed)	.000	.	
	N	17	17	
Otros países	Índice "Información general sobre el museo virtual"	Pearson Correlation	1	.550
		Sig. (2-tailed)	.	.080
		N	11	11
Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.550	1	
	Sig. (2-tailed)	.080	.	
	N	11	11	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Si analizados según la región, la correlación se mantiene, aunque en menor grado para los países tradicionales, “otros países” y Península, mientras que en Latinoamérica no se puede observar una correlación entre los dos índices.

La correlación entre los índices “Información sobre el museo físico” y “Museo Virtual” también existe y es positiva, aunque sea menos significativa, especialmente en la Península Ibérica. Como conclusión, los museos más avanzados en el tema de la virtualidad han llegado a esta situación recorriendo caminos diversos, con la publicación de carácter más tradicional, además de demostrar una mayor preocupación en relación con su utilización y auto-promoción.

Correlations

		Índice "Información sobre el museo físico"	Índice "Museo virtual"
Índice "Información sobre el museo físico"	Pearson Correlation	1	.496**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	63	63
Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.496**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	63	63

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

Región			Índice "Información sobre el museo físico"	Índice "Museo virtual"
Latinoamérica	Índice "Información sobre el museo físico"	Pearson Correlation	1	-.077
		Sig. (2-tailed)	.	.768
		N	17	17
Latinoamérica	Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	-.077	1
		Sig. (2-tailed)	.768	.
		N	17	17
Península Ibérica	Índice "Información sobre el museo físico"	Pearson Correlation	1	.553*
		Sig. (2-tailed)	.	.017
		N	18	18
Península Ibérica	Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.553*	1
		Sig. (2-tailed)	.017	.
		N	18	18
Países tradicionales	Índice "Información sobre el museo físico"	Pearson Correlation	1	.182
		Sig. (2-tailed)	.	.484
		N	17	17
Países tradicionales	Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	.182	1
		Sig. (2-tailed)	.484	.
		N	17	17
Otros países	Índice "Información sobre el museo físico"	Pearson Correlation	1	-.160
		Sig. (2-tailed)	.	.639
		N	11	11
Otros países	Índice "Museo virtual"	Pearson Correlation	-.160	1
		Sig. (2-tailed)	.639	.
		N	11	11

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

8.5. Discusión

La principal conclusión que hemos podido obtener a través de este estudio es la confirmación empírica de que en la actualidad existe una gran diferencia entre los museos virtuales de Iberoamérica, sea en Latinoamérica o en la Península Ibérica, en comparación con aquellos encontrados en países como Estados Unidos, Reino Unido e Italia. Es más, los museos virtuales de Iberoamérica no solo no aprovechan las potencialidades de los museos “verdaderamente” interactivos, sino que tampoco trasladan la información del museo físico a Internet de una manera adecuada, como se ha comprobado a través del análisis de los índices generales y de las categorías de análisis por separado. Concretamente, se puede observar una relativa ausencia de énfasis en el marketing y en la captación de visitantes para el museo real, además de una escasa preocupación en facilitar la utilización del sitio Web y promover la fidelización de sus usuarios, sean estos visitantes físicos o virtuales.

Otro punto que merece ser destacado es la ausencia de iniciativas orientadas hacia los profesionales de la museología científica y de áreas relacionadas en esta zona, como puede ser la divulgación científica. En nuestro estudio hemos constatado la inexistencia de iniciativas como revistas electrónicas, bases de datos especializadas o iniciativas de proyectos colaborativos que profundicen los temas y estrategias adoptados por los museos y centros de ciencia, en el actual panorama de la percepción pública sobre temas científicos y tecnológicos.

Pero quizás lo más importante, también se nota una ausencia general de las iniciativas relacionadas con la enseñanza de las ciencias y de la asociación con el sector educativo. De esta manera, los museos y centros de ciencia de Iberoamérica no están trasladando, o tampoco ampliando, su misión educativa a Internet, y a las posibilidades que la comunicación digital, las estrategias de trabajo colaborativo y la enseñanza a distancia ofrecen. Fruto quizás de una excesiva preocupación con la información sobre el museo físico y con la difusión de las informaciones que se transmiten tradicionalmente a través de otros medios. En conjunto, el tradicionalismo y la ausencia de experiencias realmente innovadoras nos puede llevar a creer que los museos de ciencia están perdiendo una oportunidad única, de experimentar, innovar y quizás, redefinir su papel y su misión frente a la sociedad.

En relación con las zonas de análisis de Latinoamérica y Península Ibérica, los museos situados en esta última han presentado índices de similar magnitud, compartiendo un mismo perfil de retraso en relación con la adopción del museo virtual, pese a la existencia de algunos factores que podrían llevarnos a creer en una mejor situación. Por otro lado, la nota positiva es que pese al retraso compartido, también se comparten características culturales comunes, lo que en su conjunto requiere la realización de iniciativas de colaboración para la promoción del concepto de museo virtual. Particularmente, creemos interesante la creación de un meta-museo o

meta-centro de información, que funcionara como un punto de acceso común a la información de los distintos museos y que además establecería la base institucional para la realización proyectos comunes, para la obtención de fondos y para la concienciación sobre las posibilidades educativas del museo virtual.

Otro punto que sería interesante destacar es que, según nuestra observación y experiencia personal a lo largo del análisis, parece existir una especie de “aura” puramente digital relacionada con la representación informática del museo, y que no guarda ninguna relación con su entorno físico o sus objetos. Nos referimos a la sensación que una persona puede tener al hacer la visita virtual –sensación provocada por un conjunto de factores como pueden ser el diseño gráfico de la interfaz, el equilibrio de colores, la rapidez de descarga de los contenidos, la facilidad de encontrar la información deseada, todos relacionados con el concepto de usabilidad. En este sentido, hemos observado museos cuya visita causa una sensación de placer, y que invitan al usuario a navegar, a buscar, a descubrir, a profundizar, mientras en que otros resultan casi extenuantes. El análisis de este tipo de información, con un carácter más cualitativo que heurístico, exigiría la realización de un análisis separado, con otro instrumento de investigación. Sin embargo, como apunte, destacamos que algunos museos norteamericanos y otros italianos alcanzan prácticamente la perfección en lo que puede ser un sitio Web a la vez agradable e informativo. Como conclusión de este punto, y respaldados por alguna evidencia en la literatura, el diseño de los museos virtuales debería ser tan meticuloso y profesional como pueda ser cualquier otro tipo de página Web, involucrando a técnicas de diseño que tengan en cuenta la experiencia del usuario. En otras palabras, el diseño del museo virtual debería cada vez más profesionalizarse, sea con la incorporación de especialistas dentro de la institución o con la contratación de servicios externos o, preferiblemente, con equipos mixtos.

Aunque no hemos realizado análisis individuales de los museos, cabe destacar algunos museos por el nivel de mostrar la información completamente y por la existencia de iniciativas avanzadas en el ámbito digital: *Exploratorium* y *Museum of Science* en Estados Unidos, *Science Museum* en el Reino Unido, *Museo Nazionale de la Scienza y de la Tecnica* en Italia, *National Museum of Australia* y en España, el *Museo Nacional de Ciencias Naturales* (CSIC) destaca sobre la media.

También cabe destacar que hemos realizado apenas una pequeña porción de todos los análisis que se pueden realizar con un conjunto de datos tan extenso como el que hemos obtenido. Así quedaría por averiguar cuantitativamente si Francia tiene un perfil semejante a otros países que a los países tradicionales pues intuitivamente se ha observado que una gran diferencia en relación con los museos norteamericanos.

En este capítulo y a través de una investigación experimental, se ha podido verificar cómo los museos científicos y centros de ciencia virtuales todavía no han alcanzado su madurez, no han implementando en la práctica las posibilidades que por lo menos a nivel teórico y experimental se plantean para la realización de las acciones del museo en el ámbito digital encaminadas a ampliar y complementar sus funciones tradicionales en los procesos de difusión y preservación del conocimiento científico y técnico. Tal situación es todavía más evidente en los museos y centros de ciencia de Iberoamérica, donde los costes de implementación de la tecnología, la ausencia de incentivos institucionales y la falta de percepción de las posibilidades mencionadas, entre otras dificultades, frenan su desarrollo. Para la superación de dificultades técnicas y económicas, la colaboración y la reutilización de recursos, a través de consorcios y metacentros surge como una posibilidad de reunir esfuerzos y de derivar hacia acercamientos más ricos en la museología científica. Como se ha visto en el Capítulo 7, desde el campo de la educación tecnológica, surge el concepto de “objeto de aprendizaje”, cuya principal característica sería principalmente la reutilización de recursos educativos. En el próximo capítulo describimos una propuesta de repositorio o almacén de recursos multimedia interactivos en ciencia y tecnología, cuya función sería acercar los museos y centros de ciencia al ámbito de la educación formal, permitiendo que los primeros pudieran alcanzar una identidad plena en Internet a la vez que extender su misión educativa más allá de sus límites físicos.

**Parte III – Modelo conceptual de un repositorio digital de objetos
educativos orientado hacia la enseñanza en ciencias**

Capítulo 9 – Escaparate Digital de Recursos Multimedia en Ciencia y Tecnología

En este Capítulo describimos y proponemos la implementación de un Escaparate Digital de Recursos Multimedia en Ciencia y Tecnología que consistiría una herramienta tecnológica novedosa para la realización de acciones relacionadas con la comprensión pública de la ciencia y la tecnología, la alfabetización científica y el aprendizaje en los museos de científicos y centros interactivos de ciencia.

El objetivo principal del Escaparate es servir como fuente centralizada de recursos educativos multimedia en el aprendizaje / enseñanza en ciencias, que se pueda utilizar por las instituciones del sector educativo, de los ámbitos formal e informal. En el caso particular de las estructuras de educación informal, como son los museos científicos y los centros interactivos de ciencias, estos además de utilizar los recursos disponibles para intensificar sus acciones educativas en el ámbito virtual, actuarían principalmente como proveedores de información científica de calidad y certificada.

El Escaparate se basa en el concepto de objeto de aprendizaje, un acercamiento teórico-práctico para el desarrollo de materiales educativos digitales y adoptado por la comunidad de enseñanza sustentada tecnológicamente y de la educación a distancia. En resumen, los objetos de aprendizaje se caracterizan principalmente por su **reutilización**, con la posibilidad de uso en distintos contextos y proporcionando eficacia económica a su desarrollo; **portabilidad**, con la posibilidad de utilización en distintas plataformas; **modularidad**, de forma que un objeto pueda estar contenido o contener otros objetos y **descripción por metadatos**, en cuanto a sus contenidos y utilización didáctica (*Ver Capítulo 7*).

El desarrollo de esta propuesta supone un alto grado de innovación, al agrupar los conceptos de museo científico, ambientes virtuales para los procesos de formación y objetos de aprendizaje, con la aplicación práctica de los conceptos teóricos tratados en los capítulos anteriores, en la forma de un diseño de una aplicación real. Cabe destacar, entretanto, que la implementación informática y la evaluación de la biblioteca propuesta consistiría, a su vez, una investigación práctico-teórica independiente, a realizarse a posteriori.

9.1. Antecedentes¹

El desarrollo del Escaparate se enmarca dentro del proyecto **Novatores - Sistema Regional de Información en Ciencia y Tecnología de Castilla y León**, promovido por la Junta de Castilla y León a través de la Dirección General de Universidades e Investigación y por la Universidad de Salamanca y dirigido por el Catedrático de Filosofía de dicha institución, Dr. Miguel Ángel Quintanilla. Su objetivo es el establecimiento una plataforma de gestión y difusión de información científica y tecnológica a través de Internet, abierta a la participación de las instituciones científicas y tecnológicas de la región y de agentes sociales interesados en la ciencia y la tecnología.

Este Sistema Regional de Comunicación se propone cubrir dos grandes objetivos independientes, pero complementarios:

- A. Facilitar a los investigadores y a los responsables de ciencia y tecnología de las instituciones y empresas de Castilla y León el **acceso a toda la información** relevante sobre el sistema de Ciencia y Tecnología en la región.
- B. Facilitar la **difusión a toda la sociedad** de las actuaciones y resultados científicos y tecnológicos conseguidos por los investigadores, empresas e instituciones de ciencia y tecnología de la región.

El objetivo “A” responde a la necesidad de conseguir que la información sobre las demandas y prioridades de la sociedad, expresada a través de las iniciativas de política científica y tecnológica de las administraciones, o de las demandas de la sociedad, y en especial de las empresas, pueda llegar de forma rápida y fiable a las instituciones científicas y a los agentes mismos de la I+D, los científicos y tecnólogos de la comunidad.

El objetivo “B” responde a la necesidad de difundir a toda la sociedad (tanto a los ciudadanos en general, como a las empresas y a sectores sociales con un interés específico en determinadas áreas de ciencia y tecnología) las actividades científicas y tecnológicas y sus resultados.

¹ Para la descripción del proyecto Novatores, utilizamos la documentación interna generada por el proyecto, en particular el documento titulado “Un Sistema de comunicación de la ciencia y la Tecnología en Castilla y León” presentado a la Dirección General de Universidades e Investigación de la Junta de Castilla y León. Asimismo, el proyecto se ha presentado a la comunidad de percepción pública de la tecnología en un foro adecuado para tal propósito (Quintanilla, Cerro, & Sabbatini, 2004; Sabbatini, Maciel, & Coll, 2004).

De forma organizativa y práctica, por lo tanto, el Sistema se subdivide en dos grandes sub-proyectos, denominados **INFOCYT** y **DIFUCYT**. El primero, cuyo nombre extendido sería **Sistema de Información Científica y Tecnológica en Castilla y León** se centraría en actividades de gestión de la ciencia y la tecnología, teniendo como destinatarios los investigadores y tecnólogos individuales, grupos de investigación y desarrollo (I+D), Universidades, instituciones públicas, empresas y organizaciones sociales que realizan actividades de I+D e innovación tecnológica. Entre los servicios proporcionados, destacarían un servicio de información de convocatorias de proyectos de investigación y actividades de innovación tecnológica, un gestor de *curriculum vitae* para investigadores, un gestor de proyectos de investigación y un servidor de publicaciones científicas de uso abierto o libre, con especial atención para las tesis doctorales publicadas en la región.

A su vez, DIFUCYT, o **Sistema de Difusión de la Ciencia y la Tecnología para Castilla y León**, es un sistema de comunicación pública de la ciencia y la tecnología dirigido al público, cuyos objetivos generales son facilitar la difusión a los medios de comunicación y a toda la sociedad de las actuaciones y resultados científicos y tecnológicos conseguidos por los investigadores, empresas e instituciones de I+D en Castilla y León o que son de especial interés para la comunidad, facilitar la comunicación entre científicos de las instituciones de investigación científica y tecnológica y los medios de comunicación y contribuir al fortalecimiento y mantenimiento de una sólida y consistente imagen de la ciencia y de las instituciones de investigación científica y tecnológica en Castilla y León.

La característica específica del sistema DIFUCYT es que su objetivo final es el público de la región de Castilla y León y su contenido es la **cultura científica y tecnológica**. Mientras INFOCYT maneja información especializada que se transmite entre los agentes del sistema de ciencia y tecnología regional, DIFUCYT se concentra en la comunicación pública y en la difusión de la cultura científica. Es por lo tanto en el ámbito de DIFUCYT donde se enmarca la propuesta del Escaparate.

También es importante destacar que como planteamiento orientador de sus acciones, se ha adoptado las siguientes orientaciones, con base en el análisis de las tendencias práctico-teóricas en comunicación pública de la ciencia y la tecnología (*ver Capítulo 2*):

- Acercar el conocimiento científico a partir de la conexión con elementos de la vida cotidiana, de los intereses y preocupaciones del público en general.

- Buscar más que la explicación directa, a través de la traducción o simplificación de los conocimientos científicos, una re-contextualización de la información en función del interés público y de las cuestiones circundantes al procesos de descubrimiento científico.
- Reflejar la ciencia como proceso y no simplemente como resultado, buscando retratar el proceso y los métodos de la investigación científica y dando a comprender también su sentido histórico.
- Retratar situaciones de “ciencia en realización”, o sea, que en las cuales el proceso de producción de conocimiento todavía se encuentra en proceso de socialización por la comunidad científica.
- Capturar el elemento humano de la labor científica, a través de sus actores principales, no solo contando historias de interés humano, sino reflejando también las actitudes y los valores científicos.
- Reflejar el posible impacto de los descubrimientos, avances y hallazgos científicos sobre la sociedad en general y sobre la vida cotidiana, al mismo tiempo que respetar el carácter provisional del conocimiento científico.
- Acercar la tecnología al público a través de su comprensión, de sus motivaciones y mecanismos internos de funcionamiento, más que incentivando su uso, y haciéndola así más “transparente” y “entrañable”.
- Dotar el público de información suficiente para que pueda participar de forma activa y constructiva en el debate acerca de las cuestiones científico-tecnológicas y sus impactos sobre la sociedad.

9.1.1. Proyectos relacionados

Dados los amplios objetivos de DIFUCYT, este proyecto se subdivide a su vez en distintos sub-proyectos. De esta manera, se ha ejecutado **DICYT**, o **Agencia Regional de Difusión de Ciencia y Tecnología de Castilla y León** cuyos destinatarios de su trabajo son los medios de comunicación –prensa, radio, televisión y portales de Internet, con especial interés en aquellos que desarrollan su actividad en Castilla y León. Se trata de una agencia de noticias especializada en temas de ciencia y tecnología que desarrolla su actividad en las nueve

provincias de Castilla y León, ofreciendo a sus abonados noticias, reportajes y entrevistas, cuyos textos se complementan con información adicional como audio, vídeo e infografías.

Sus objetivos principales son generar información sobre ciencia y tecnología para su difusión en los medios de comunicación, con prioridad a las fuentes, instituciones, universidades, empresas, investigadores de Castilla y León. Para esto, la agencia difunde información diaria a los medios de comunicación públicos y privados interesados, además de un sistema de avisos personalizado para sus usuarios en función de sus intereses por temas o ámbito geográfico.

El sub-proyecto **Infociencia.Net** consiste en la creación de un portal de Internet dedicado a la divulgación de la ciencia y la tecnología, enfatizando el carácter regional de la información y conforme a los criterios indicados para todo el sistema DIFUCYT. El sistema se dirige a un público medio, aunque con especial atención al público juvenil y con la posibilidad de crear secciones especializadas en función de los distintos segmentos de público interesado, aunque su objetivo es alcanzar una audiencia lo más amplia posible, dotándola de una información científica y tecnológica de calidad, optimizada para su comprensión y para despertar el interés acerca de las cuestiones científicas y tecnológicas.

El proyecto se basa en la experiencia del portal Infociencia.Net que ha funcionado durante dos años como un espacio de comunicación / interacción en soporte Internet tratando de temas Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y temas relacionados, como las técnicas de comunicación pública, divulgación y enseñanza de la ciencia y tecnología, las técnicas de análisis de políticas científicas, de evaluación de opciones tecnológicas y de gestión de innovación y funcionando como un espacio de divulgación y de incentivo a la producción intelectual de los alumnos del Master en Ciencia, Tecnología y Sociedad, Comunicación y Cultura en Ciencia y Tecnología de la Universidad de Salamanca (Quintanilla, Sabbatini, Cerro, Maciel, & Timón, 2001). De ahí sus objetivos secundarios de servir como plataforma para la experimentación y para la investigación en el uso de las tecnologías de información y comunicación aplicadas a la divulgación científica y para la práctica profesional de comunicadores científicos.

9.1.2. Descripción general del Escaparate

La función básica del Escaparate es permitir que sus usuarios accedan a los datos almacenados en él, de manera que tengan un acceso organizado y sistemático a los recursos didácticos.

El rasgo común de los sub-proyectos constituyentes de Novatores de utilizar una plataforma Internet para la realización de sus servicios, asociado a la adopción del concepto de objeto de aprendizaje, permite que los recursos constituyentes del Escaparate se desarrollen de forma colaborativa por una comunidad de práctica y que se puedan acceder de forma simultánea. En este sentido el diseño del Escaparate permitirá, a través de la incorporación de herramientas de trabajo colaborativo, que los usuarios mismos de los objetos contribuyan al Escaparate, con la creación de contenidos propios, proporcionando nuevas vías de colaboración, posiblemente en el ámbito iberoamericano, ampliando el alcance del proyecto a un ámbito internacional.

Otro concepto importante en el diseño del Escaparate es el de **granularidad** (*ver 7.1.3.2*), es decir, un objeto de aprendizaje puede consistir desde un elemento muy básico (una foto, un fragmento de audio o vídeo) hasta los más complejos, como pueden ser experimentos virtuales, entornos de simulación o unidades didácticas completas.

En su diseño se han utilizados las especificaciones definidas por el consorcio *Instructional Management Systems* (IMS) para el desarrollo de objetos de aprendizaje y que permiten modelar datos y aplicaciones. Estas especificaciones, además de proporcionar un modelo de descripción y clasificación de los objetos de forma general, con el objetivo de permitir su reutilización y su portabilidad de los objetos, también permiten incluir descripciones de las distintas formas en las que los objetos se pueden utilizar, es decir, su uso pedagógico.

9.1.3. Rasgos distintivos del Escaparate

En los repositorios digitales, los recursos pueden encontrarse distribuidos a través de la Web o situados en una ubicación central, pero también pueden apuntar a otros repositorios y

colecciones. En otras palabras, en los repositorios se observa la distinción entre proporcionar los recursos de aprendizaje y proporcionar listados de recursos de aprendizaje. Proponemos una adopción de una **estrategia combinada**, con una demarcación clara entre los dos ámbitos y la potenciación del primer aspecto, es decir la centralización de los recursos, frente a la limitación observada en otros proyectos similares.

En ambos los casos, la recuperación de la información, atendiendo al criterio de sistematización mencionado, se produce de dos modos: *navegación* y *búsqueda*. En los dos casos, se utilizan los metadatos educativos utilizados en la catalogación como parámetros de búsqueda para las consultas.

Mientras la especificación de metadatos educativos orienta como describir un objeto de aprendizaje, no especifica cuáles son los valores que deberán utilizarse para cada campo. De esta manera, se hace necesaria la adopción de una taxonomía o vocabulario descriptivo, que a su vez debe atender a dos requisitos; ser utilizado de forma amplia por la comunidad de práctica a la cual se orienta el Escaparate y describir de forma adecuada los recursos educativos. En la presente propuesta, el principal criterio adoptado en la elección de las taxonomías² ha sido que fuera capaz de atender a las distintas prácticas y acciones utilizadas en la educación de ciencias, con especial atención al aprendizaje investigativo y en las actividades de educación informal (*ver Anexo III*).

Los recursos, según su naturaleza, pueden ser accesibles en línea o descargables en la máquina local del usuario. En este último caso, una función adicional de los repositorios es la exportación de objetos.

Una característica que distingue a los repositorios de las bibliotecas digitales es la posibilidad de que los usuarios contribuyan activamente, agregando información. En este sentido, deben plantearse estrategias sociales de incentivo a que los profesores, y demás miembros de la audiencia, colaboren en el proyecto.

Tanto en el caso de los materiales creados dentro del proyecto Novatores y por otros colaboradores especiales como en el de los materiales enviados por los usuarios se hace necesaria la implementación de **sistemas de evaluación y certificación de calidad**, como

² Una relación de taxonomías aplicables al estándar LOM se puede encontrar en la documentación de la especificación IMS-Metadatos (IMS, 2001a). Asimismo, en algunos campos en que se utiliza una taxonomía propia e inherente de la LOM, hemos utilizado la traducción al castellano de dicho estándar, aunque todavía se encuentre en fase de borrador (Anido Rifón & Rodríguez Artacho, 2002).

puede ser un comité de evaluación por pares que actúe basándose en criterios preestablecidos (ver 7.1.3.4.)

9.2. Metodología de la propuesta

La evolución de Internet y de la World Wide Web ha visto cómo de las páginas estáticas de información se ha evolucionado a aplicaciones interactivas, por general soportadas por bases de datos, y sitios Web de grandes dimensiones³. En ese sentido, la complejidad de desarrollo que se plantea en este nuevo escenario apunta a la adopción de técnicas de gestión de proyectos, para hacer posible que las distintas secuencias de actividades resulten en un producto tangible (Vezuh, 1999). Hay que notar también que la notable evolución de las tecnologías utilizadas en la Internet, así como con las distintas especialidades necesarias para su aplicación (diseño gráfico, programación, bases de datos, seguridad, creación de contenidos multimedia, estructuración de datos) requiere que el desarrollo sea efectuado por un equipo multidisciplinar, donde las habilidades y responsabilidades individuales estén bien definidas.

La principal etapa en el desarrollo de un proyecto de estas características es la **planificación**, que empieza con la definición de la estrategia, con la determinación de los objetivos y de la audiencia intencionada de la aplicación. El producto final de esa fase es el informe de **planificación creativa**, que perfila los requerimientos y características de la audiencia en función de las decisiones anteriores. El informe de planificación creativa es la fundación de todo el trabajo a desarrollarse (Burdman, 1999). La otra etapa de la planificación es la especificación técnica, con la determinación de los requisitos de contenido y funcionales.

En la etapa de definición de requerimientos funcionales utilizamos la técnica denominada “casos de uso”, basada en metodologías de desarrollo estructurado como es *Unified Modelling Language* - UML (lenguaje de modelaje unificado). Un “caso de uso especifica una secuencia de acciones, incluyendo variantes, que el sistema puede llevar a cabo, y que producen un resultado observable de valor para un actor concreto” (Jacobson, Booch, & Rumbaugh, 2000). Los casos de uso son útiles pues permiten la identificación de las funciones que aporten valor a sus usuarios y utiliza lenguaje natural para la descripción de las actividades

³ Una aplicación Web se caracteriza por definir una relación uno-a-uno con el usuario (proporcionando contenidos y/o servicios personalizados) y por la habilidad de crear, manipular y almacenar datos (Baxley, 2003).

que el sistema debe cumplir. Se representan mediante un actor, que representan a un conjunto de papeles de interacción con el sistema, sean personas físicas u otros componentes de *software*.

Sin embargo, pese a que los casos de uso sean el paso inicial de una metodología más amplia, preferimos no utilizar una metodología estructurada y formal como es UML, debido a su gran complejidad y poca capacidad de aplicación a proyectos Web. Otras metodologías como *Object-Oriented Hypermedia Design Model* - OOHDM (modelo de diseño de hipermedia orientado a objetos), propuesta por Schwabe y Rossi (1998) también resultan demasiado complejas para aplicación práctica a un proyecto de este porte. Además, en el caso particular de metodologías formales de diseño hipermedia, éstas se concentran en algunas áreas como la navegación, mientras que la captura de requisitos no se contempla suficientemente (Lowe, 1999).

En esta etapa también se contempla la **arquitectura de información**, cuyos objetivos son determinar los contenidos y funcionalidades de la aplicación, especificar como los usuarios van a encontrar la información (definiendo su organización, navegación, etiquetas y sistemas de búsqueda) y definir cómo se va a acomodar el cambio y el crecimiento con el tiempo (Rosenfeld & Morville, 1998). La organización de la información es imprescindible para que los usuarios puedan encontrar la información que desean y por esa razón, la organización es uno de los principales factores para el éxito y se relaciona con el concepto de usabilidad (Nielsen, 1999).

En la fase de **planificación técnica** se definen los requerimientos técnicos, es decir, la plataforma de servidor, la plataforma de *software*, las bases de datos, en suma, las tecnologías utilizadas. Dicha definición se concreta en una especificación técnica que tiene en cuenta además los requisitos de información, aquellos atributos que ha de poseer la aplicación para manipular los datos y los requisitos funcionales, características necesarias para satisfacer las funcionalidades requeridas por el usuario (Burdman, 1999).

A la fase de planificación le sigue la etapa de **desarrollo**, o implementación propiamente dicha, con la creación de los contenidos y ficheros informáticos, basados en la planificación creativa y técnica. Por último, también cabe destacar que las metodologías de desarrollo de *software* en la actualidad contemplan una etapa de **reiteración**, en el sentido de que todo el proceso es iterativo y se realiza en sucesivos ciclos, en función de las evaluaciones que se hagan del producto. En este sentido, asume importancia el concepto de diseño

centrado en el usuario, una rama de la ingeniería de la usabilidad, que utiliza tanto la evaluación formativa como la sumativa realizada con los usuarios como guía de desarrollo (Gabbard, Hix, & Swan II, 1999).

Como ejemplo, Dong y Agogino (2001) describen los principios de diseño aplicados a la construcción de una biblioteca digital dedicada a los recursos educativos, frente a bibliotecas para la recuperación de información en general, analizando el caso de una biblioteca en educación de ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología (SMETE), diseñada para satisfacer las necesidades de estudiantes y profesores, a partir de una metodología de diseño instructivo explícita.

Se trata de la creación de un entorno público donde estudiantes y profesores trabajen de forma activa y cuya base es una biblioteca digital de objetos de aprendizaje. A los usuarios se les proporciona el acceso directo a contenidos como materiales de curso, conjuntos digitales de problemas y ejercicios, aplicaciones de *software*, artículos y periódicos. La combinación de contenidos, servicios y herramientas configuraría la creación de un “espacio de aprendizaje”.

A partir de una visión constructivista del aprendizaje, orientada hacia el aprendizaje investigativo, se ha buscado un diseño cuyo objetivo es aumentar la responsabilidad del estudiante sobre su propio aprendizaje, asumiendo el control de sus acciones y planificando sus actividades, al mismo tiempo en que confiere al educador la capacidad de dirigir el estudiante a través de un recorrido educativo determinado.

En la práctica, la aplicación de la teoría constructivista se traduce en la adopción de una determinada arquitectura de información, que determina la organización, etiquetaje, navegación y búsqueda en el sistema, tomando como referencia el procesamiento de información entendido como una tarea mental cognitiva y la necesidad de una estructura pedagógica para que ocurra el aprendizaje. En cuanto a la navegación, se trata de buscar un equilibrio entre la navegación prescriptiva y la oportunidad de permitir la exploración libre por parte de los usuarios. Además, los servicios deben atender a los principios de los usuarios en organizar la información para proporcionar oportunidades de síntesis, manipulación, creación o debate de contenidos frente a la mera recepción de información.

En nuestra propuesta realizamos, por lo tanto, la planificación completa del Escaparate, según una metodología combinada y no formal de desarrollo de aplicaciones. A partir de los documentos generados en esta propuesta, el informe de planificación creativa y el informe de planificación técnica, sería posible realizar la fase de desarrollo, donde

intervendrían profesionales especializados, sobre todo en el ámbito de la programación y de la ingeniería de *software*. Asimismo, resaltamos que el carácter iterativo de la metodología y la posible utilización de técnicas de evaluación centradas en el usuario, obtendrán un producto distinto y mejorado del presentado aquí.

9.3. La planificación creativa: propuesta del proyecto

9.3.1. Objetivos

En resumen, los objetivos del Escaparate son:

- Proporcionar materiales didácticos digitales de calidad –entendida aquí no solamente en el aspecto técnico, sino también en el pedagógico– y que busquen mejorar la calidad de la educación de ciencias en la región.
- Crear una comunidad de práctica entre los profesores del sector formal de la región, alrededor de la utilización de la tecnología educativa aplicada a la educación de ciencias. Asimismo, servir como elemento de motivación para la formación y capacitación continua del profesorado en el uso de las tecnologías de información y comunicación y en la didáctica de las ciencias.
- Potenciar una “economía de información”, al permitir que distintas instituciones puedan compartir recursos educativos de calidad, ahorrando el coste de su desarrollo redundante.
- Servir de elemento de conexión entre distintos actores de la comunicación pública de la ciencia, de la educación científica y de la educación tecnológica, al proporcionar un marco común de desarrollo y colaboración.
- Proporcionar materiales de referencia sobre ciencias a otros elementos de la sociedad, como los medios de comunicación.
- Servir como base para la investigación académica en el uso innovador de la tecnología en la enseñanza de ciencias, en el uso de estándares educativos y objetos de aprendizaje.

9.3.2. Justificación

La justificación de los objetos de aprendizaje, a menudo, se hace en función del concepto de economía informacional. En este sentido se compara el esfuerzo de producir múltiples versiones de objetos similares, frente al uso de versiones compartidas de un mismo objeto, con la extracción de los elementos comunes a varios cursos, como forma de disminuir los gastos en la elaboración de materiales didácticos. La utilización de un mismo objeto de aprendizaje, en distintos niveles educativos y disciplinas también se ve como un factor de reducción de costes.

Por otro lado, más preocupante es la escasez de materiales didácticos de calidad disponibles en Internet. Los pocos materiales didácticos que se encuentran disponibles no se están estructurados para una utilización dentro de la enseñanza tradicional, y tampoco contienen mecanismos de monitorización, evaluación y generación de informes para medir los progresos de los alumnos

Además, también se observa la predominancia de contenidos en idioma inglés, proporcionados por otros países. La “importación” de recursos educativos podría resultar una falta de relevancia para los estudiantes de la región.

Otra justificación proviene del hecho de que en la actualidad, la gran cantidad de información disponible en Internet provoca en una “ceguera informativa”, con el aumento de los datos haciendo cada vez más difícil encontrar material relevante. El objetivo de los repositorios educativos es poner a la disposición de profesores y estudiantes material de aprendizaje apropiado y adecuadamente estructurado.

A esta justificación también asociamos los problemas relacionados con la calidad de la información en Internet, principalmente en cuanto a su veracidad, dada la inexistencia de mecanismos de control y de certificación de la calidad. Sumada a la dificultad y el poco tiempo de que disponen los profesores para buscar materiales de clase en Internet, el **Escaparate** es un elemento de referencia centralizado, que aporte además, la información de cómo utilizar de forma eficaz los recursos disponibles.

9.3.3. Audiencia

Distinguimos dos grandes grupos dentro de la audiencia primaria; cada cual tendrá sus propias audiencias específicas, que en su conjunto formarían la audiencia secundaria del Escaparate.

- **Profesores:** dentro del ámbito del sector educativo formal, abarcando a todos niveles educativos dado que en el Escaparate pueden coexistir los materiales didácticos de distintos niveles, pero con especial énfasis en la educación primaria. Son los usuarios que van a seleccionar el contenido de interés, para utilizarlo en clase de forma que la audiencia secundaria está formada por todos los alumnos de la red escolar.
- **Medios de comunicación:** los medios de comunicación, especialmente los electrónicos, también podrán beneficiarse de los materiales disponibles en el Escaparate como forma de complementar su información habitual. En este sentido, destaca la utilización de componentes básicos, como fotografías, pero también cabe la posibilidad de que utilicen las demostraciones mediante la “infografía” interactiva. La audiencia secundaria relacionada con este grupo está formada por los consumidores finales de los medios de comunicación.

9.3.4. Claves para el éxito

Las claves para el éxito del Escaparate, frente a otras iniciativas, similares son las siguientes:

- Buscar la confección de recursos educativos innovadores en ciencia, que proporcionen experiencias que realmente sean difíciles de lograr de otra manera. En este sentido, se debe potenciar la creación de experimentos virtuales de carácter investigativo y de aplicaciones que ayuden a superar las llamadas “concepciones previas” o “ciencia *náïve*”.
- Relacionado con el ítem anterior, buscar una compatibilidad entre los recursos disponibles y el currículo en educación de ciencias, a nivel infantil, primario y secundario, de Castilla y León.

- Proporcionar a sus usuarios información de carácter pedagógico, codificada a través de metadatos educativos, para que se puedan utilizar los recursos de una forma eficaz dentro de clase, lo que distinguiría el Escaparate de otras iniciativas en curso.
- Asegurar y certificar la calidad de los recursos disponibles a través de la evaluación por un cuerpo de especialistas en cada materia y de los comentarios realizados por la comunidad de usuarios del Escaparate.
- Permitir que los usuarios participen de forma activa, haciéndoles partícipes del proyecto, promoviendo su contribución tanto a través de materiales y recursos didácticos producidos por ellos mismos, como en el envío de sus comentarios, experiencias, dificultades, etc.
- Proporcionar las informaciones y la capacitación necesaria para que la audiencia pueda utilizar el Escaparate a nivel operativo y aplicar los recursos disponibles a su práctica profesional de forma eficaz.
- Involucrar otras instituciones en la creación de los recursos, con el objetivo de complementar los esfuerzos realizados por Novatores y buscando el carácter colaborativo del proyecto mencionado anteriormente.

9.3.5. Análisis de la competencia

En la actualidad se puede observar la existencia de varios repositorios, o escaparates, de objetos digitales, especialmente en ciencias y áreas afines. Estos repositorios todavía no contienen gran cantidad de material, no son interoperables y no poseen funcionalidades estándares. En cuanto a los problemas tecnológicos, permanecen las cuestiones de cómo integrar diversos componentes que utilicen distintos acercamientos pedagógicos o tecnologías.

También se observa, algunas veces, que los repositorios existentes se limitan a apuntar a otros recursos, específicamente páginas Web, lo que no solo disminuye su valor sino que suscita problemas como el mantenimiento de la información a lo largo del tiempo. Mencionamos a continuación los puntos positivos y los puntos débiles de algunos repositorios dignos de análisis y mención, en complementación a las iniciativas reseñadas en la sección 7.4.

Además observamos la predominancia de proyectos norteamericanos y canadienses. En ámbito iberoamericano la excepción es el *Laboratório Didático Virtual*⁴, del Instituto de Física de la Universidad de Sao Paulo (Brasil), pero en este caso la usabilidad del repositorio es muy baja debido a que básicamente se limita a referenciar recursos externos elaborados en países de habla anglosajona. En habla hispana, desconocemos la existencia de repositorios de objetos de aprendizaje, estrictamente definidos, aunque haya iniciativas en la producción de materiales didácticos digitales.

De forma similar, el Ministerio de Educación y Cultura en España mantiene en su portal Web una sección de recursos educativos⁵, en la cual se observan algunos de los principios mencionados anteriormente, como la potenciación de la participación de los profesores en su confección, la existencia de recursos “granulares” como por ejemplo bases de datos de imágenes, símbolos y sonidos, la existencia de experimentos virtuales y “aplicaciones didácticas interactivas” en temas científicos, recursos para la capacitación profesional de los profesores. Sin embargo, no utiliza estándares de metadatos educativos.

Más cercano al ámbito del proyecto Novatores, cabe destacar que la Junta de Castilla y León en su portal Web incluye un apartado de *Tecnología Educativa en Educación Infantil y Primaria*⁶, con la elaboración de listados de recursos educativos en Red, básicamente haciendo referencia a otras páginas Web. Sin embargo, también comparte el problema mencionado anteriormente en relación con el mantenimiento de información externa, además de no proporcionar información acerca de los usos pedagógicos de los recursos, ni criterios de calidad explícitos.

Específicamente diseñados como repositorios, los principales proyectos que pueden servir como referencia para el desarrollo del Escaparate son:

- *ScienceNetLinks*⁷ elaborado y mantenido por la *American Association for Advancement of Science* (AASS). En este repositorio se distinguen los recursos propios, los recursos externos, los planes de lección con base a estándares curriculares, además de información de actualidad. Este proyecto se encuentra

⁴ Disponible en <http://www.labvirt.if.usp.br>.

⁵ Disponible en <http://www.pntic.mec.es/recursos/>.

⁶ Disponible en http://www.jcyl.es/jcyl-client/jcyl/cec/dgpoe/tkContent?idContent=5636&locale=es_ES&textOnly=false

⁷ Disponibles en <http://www.sciencenetlinks.net> y <http://www.marcopolo-education.org>.

integrado dentro del proyecto *MarcoPolo*, que abarca a otras disciplinas, como las humanidades, las artes, la geografía y la economía y que también sirve como referencia.

- En el proyecto *MERLOT*⁸ se destaca el proceso de revisión por pares por miembros cualificados de los cuerpos docentes como forma de proporcionar un mecanismo para las instituciones colaboradoras en certificar la calidad de los materiales aportados al repositorio. En este caso, su carácter distribuido se encuentra fuertemente marcado.
- Otro proyecto que merece ser destacado es la biblioteca *SMETE*⁹ cuyo objetivo es promocionar y mejorar la enseñanza y el aprendizaje de ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología en la enseñanza primaria y superior. Al abarcar los datos de otras iniciativas, repositorios y bibliotecas digitales proporciona ejemplos de varios tipos de contenidos posibles.

9.3.6. Elementos diferenciadores

El objetivo de un análisis de la competencia es identificar puntos positivos y puntos negativos en iniciativas similares. Tal tarea se completa en el momento en que, a partir de esta perspectiva se planifican acciones que diferencien y aporten valor añadido al proyecto propuesto.

En relación con las iniciativas del Ministerio de Educación y Cultura de España y de la Junta de Castilla y León, adoptar el acercamiento de los objetos de aprendizaje, que por un lado facilitará la difusión y compartir estos materiales; por otro facilitar la recuperación e identificación de los mismos y la edición de información que describa las posibles aplicaciones didácticas del material, enfatizando su valor educativo. Por último, al adoptar la perspectiva de los objetos de aprendizaje también se busca potenciar la reutilización de los recursos, no solamente a través de instituciones, sino a través de la aglutinación de objetos granulares para la creación de recursos personalizados y de la reutilización en múltiples contextos.

En comparación con las iniciativas norteamericanas reseñadas, consideradas en su conjunto, proporcionar materiales didácticos que atiendan a las necesidades concretas de la

⁸ Disponible en <http://www.merlot.org>.

⁹ Disponible en <http://www.smete.org/smete>.

región. Si la cuestión idiomática es la que más llama la atención en este punto, no menos importante es la adopción de temas relacionados con la realidad local y con la vida cotidiana de los usuarios secundarios, buscando el acercamiento entre la ciencia y la vida cotidiana que preconiza la reforma en educación de ciencias.

El Escaparate se relaciona con otros proyectos de Novatores, particularmente los integrados en DIFUCYT. Así, el Portal de Divulgación Científica planeado es un cliente del Escaparate, utilizando sus recursos para aportar recursos interactivos a sus usuarios, y aumentando su poder de atracción e interés.

En cuanto a la Agencia Regional de Noticias Científicas, imaginamos un servicio de “Ciencia popular” en el cual se publicaran curiosidades, juegos matemáticos y experimentos sencillos que los lectores pudieran realizar en casa utilizando materiales del día a día. Esta sección de “Ciencia Popular” sería un producto común entre el Escaparate y la Agencia, tratando de que los medios de comunicación regionales incluyeran este tipo de información.

También consideramos que el recién inaugurado *Museo de Ciencias de Valladolid* debería convertirse en un “socio” fundamental del proyecto, pues la educación de ciencias y el despertar de la curiosidad científica a través de experiencias interactivas y/o “*hands-on*” son objetivos compartidos, tratando de alcanzar un congénere virtual “verdaderamente interactivo”, con la reinención de las funciones del museo de ciencias.

En relación con la certificación de la calidad, instituciones que deberían verse involucradas son las universidades de la región, tanto de los expertos de las disciplinas como en los departamentos de didáctica de las ciencias, y la misma Junta de Castilla y León a través de los técnicos de la Consejería de Educación.

Por último, se podría plantear el contacto y el establecimiento de colaboraciones con empresas del ámbito tecnológico, sobre todo aquellas dedicadas al *e-Learning*, que al contribuir en la confección de aplicaciones interactivas podrían tener en el Escaparate un escaparate de sus competencias.

9.4. Planificación técnica

9.4.1. Requisitos de información: estándares y taxonomías educativas

Para alcanzar los objetivos expuestos, es necesario la adopción de un estándar técnico educativo que permita el compartir los recursos educativos a través de varias instituciones, así como la utilización de metadatos para su descripción y caracterización pedagógica. En ambos casos, y siguiendo el panorama internacional, las especificaciones IMS constituyen una solución óptima.

Las especificaciones IMS esenciales para el desarrollo del proyecto son:

- **IMS/LOM Meta-Data:** especifica los datos de identificación de un determinado recurso de aprendizaje. Una especificación de los metadatos hace el proceso de encontrar y de usar un recurso más eficiente proporcionando una estructura de elementos definidos que describen, o catalogan, el recurso de aprendizaje (IMS, 2001b; IEEE, 2002).
- **DRI Digital Repositories Interoperability Specification:** establece una base para un esfuerzo colaborativo entre tecnólogos y la comunidad de las bibliotecas digitales, para tratar la interacción entre sistemas de aprendizaje y Escaparates distribuidos (IMS, 2003b).
- **IMS Content Packaging:** utilizado en la aglutinación de contenidos, para distribución a través de sistemas (importación/exportación), (IMS, 2003a).

Por otro lado, dada la complejidad del estándar LOM, también se observa la necesidad de simplificarlo para que se pueda utilizar en la práctica. Por ejemplo, basado en estas premisas surge la especificación CanCore –totalmente conforme con la especificación IMS– como una alternativa para permitir una especificidad suficiente a la hora de recuperar la información eficazmente, pero suficientemente útil para los educadores y a la vez no sobrecargar el proceso de catalogación. Para la presente propuesta se ha estudiado la interpretación de la LOM realizada por la iniciativa Cancore (Fisher, Tozer, Friesen, & Roberts, 2002) a partir del cual se definirá el modelo final de datos.

También hay que considerar que las especificaciones del consorcio IMS adoptan el formato *eXtensible Mark-up Language* (XML), en sí mismo un estándar del *World Wide Web Consortium* (W3C) como formato de descripción, intercambio y almacenamiento de datos.

9.4.2. Arquitectura de información

9.4.2.1 Contenidos

En relación con la educación de ciencias y con la difusión de una cultura científico-tecnológica, contemplamos la siguiente tipología de información a incluir en el Escaparate.

- **Componentes básicos:** son los objetos más granulares, con la posibilidad de que se reutilicen para la formación de objetos más complejos. En esta categoría se incluyen fotografías, gráficos, mapas, fragmentos de audio y vídeo, textos cortos con sentido de contextualización.
- **Tutoriales animados o demostraciones:** utilizados en la presentación de procesos, como movimiento de objetos, interacción en el espacio y tiempo, en suma, conceptos dinámicos.
- **Prácticas de ejercitación:** para la aplicación a cuestiones para recordar hechos y en procesos de pensamiento de bajo nivel.
- **Experimentos virtuales:** permiten la exploración activa de principios científicos realistas y relevantes. Permiten la interactividad real, con la manipulación de los parámetros del sistema para alcanzar la comprensión y la representación multimedia de conceptos, a partir del estudio de gráficos, animación y estudios
- **Entornos de simulación:** proporcionan entornos de aprendizaje abiertos basados en modelos reales, con base en un modelo implícito, que permiten al alumno contrastar y experimentar hipótesis y se caracterizan por un alto nivel de interactividad.
- **Planes de lección:** conjunto de actividades de enseñanza y aprendizaje relacionados con un único tópico o tema y diseñado para seguirse como una

unidad independiente. Abarca una introducción, los objetivos, la audiencia, los prerrequisitos, una descripción del tema, los materiales de estudio, un plan instructivo y un plan de evaluación. Los planes de lección son objetos que típicamente utilizan a objetos más granulares para su composición.

En la fase de planificación actual no se asume ninguna premisa acerca de los formatos y tecnologías utilizadas; cada tipo de aplicación y cada aplicación en particular requerirá la aplicación de una tecnología específica, con el objetivo de alcanzar los requisitos funcionales. Asimismo, aplicaciones de alto nivel como pueden ser los entornos de simulación necesitarán la utilización combinada de varias tecnologías.

9.4.2.2. Servicios

Entre los servicios paralelos a las funciones básicas del Escaparate (recuperación-exhibición-exportación-contribución), contemplamos:

- **Espacio personalizado:** en el espacio personalizado el usuario podrá guardar las referencias de aquellos recursos que más le interesen, funcionando a modo de “favoritos”. A partir de los recursos seleccionados, se generan listados de recursos similares dentro del área de interés demostrado y de personas de la comunidad de usuarios que compartan estos intereses.
- **Boletín de actualidad:** publicación periódica relatando las novedades del Escaparate, abarcando también noticias de actualidad en educación de ciencias y educación tecnológica y consejos de aplicación pedagógica de los recursos.
- **Centro de formación:** en el centro de información se dispondrán documentos o enlaces a recursos que auxilien a los profesores en la aplicación de los recursos educativos en clase.
- **Revisión y recomendación por usuarios:** un sistema similar a los utilizados en los comercios electrónicos, a través del cual los usuarios puedan valorar y comentar los recursos disponibles en el **Escaparate**.

- **Actualidad científica:** sección que enlaza con la Agencia Regional de Noticias Científicas con el objetivo de presentar los últimos desarrollos en ciencia y tecnología asociados a un determinado tema.
- **Foro de discusión:** Las funcionalidades del foro de discusión son similares a las de foros de discusión comúnmente encontrados en Internet, y por lo tanto no se describen en el presente documento.
- **Editor instructivo:** constituye la aplicación “estrella” del portal¹⁰. A través de él, el suscriptor podrá organizar una colección de recursos, publicando el recurso de mayor nivel de agregación resultante en una página Web pública y también el registro de identificación en el mismo Escaparate. Asimismo el recurso resultante podrá clasificarse según el tipo de recurso educativo y de un método de enseñanza.

9.4.3. Requisitos funcionales: modelo de casos de uso

9.4.3.1. Definición de actores

A. Suscriptor

El suscriptor es el usuario final estándar del sistema, que se ha registrado para acceder a todos los servicios proporcionados. Típicamente, se trata de un profesor, que accede al Escaparate para encontrar recursos educativos multimedia que luego utilizará en aula. El suscriptor puede actuar como contribuidor, enviando materiales al Escaparate. Disfruta de servicios de valor añadido y de personalización.

B. Usuario ocasional

El usuario ocasional constituye un sub-conjunto del usuario final denominado suscriptor; puede utilizar todas las funciones del Escaparate –básicamente navegar, buscar y acceder a recursos, además de visualizar las secciones de carácter informativo– con excepción de aquellas reservadas para suscritores.

¹⁰ Un ejemplo de una aplicación similar (e inspiradora) es el *Instructional Architect* de la *Utah State University*, disponible en <http://ia.usu.edu>.

C. Editor-Bibliotecario

El editor representa un usuario de nivel superior que posee la capacidad de editar y validar recursos enviados por los suscriptores. Es el responsable de determinar la conformidad de los datos de descripción y de la existencia, adecuación y funcionamiento del recurso enviado, además de la consistencia de los metadatos. Hereda todas las propiedades de los suscriptores, siendo capaz de enviar recursos, por ejemplo en el caso de aquellos desarrollados dentro del ámbito del proyecto Novatores.

D. Administrador

El administrador es el “super-usuario”, con capacidad de configuración de distintos parámetros del sistema, además de gestionar a los demás usuarios.

E. Sistema de sindicación de contenidos

Es un sistema automático basado en el estándar RSS para la sindicación (publicación de títulos, descripciones y ubicaciones) de recursos publicados con el objetivo de utilización por otras entidades (por ejemplo, páginas de centros educativos, portales educativos, publicaciones electrónicas especializadas, medios de comunicación, etc.), a través de este formato de intercambio basado en tecnología XML.

F. Sistema de difusión selectiva

Es un sistema automático responsable de enviar los recursos publicados en el Escaparate a los suscriptores, según un modelo de perfil declarado.

G. Sistema de recomendación automática

Es un sistema automático, responsable de encontrar recursos y personas con afinidades comunes a un suscriptor, con base en técnicas de minería de datos.

9.4.3.1. Modelos de casos de uso

A. Suscriptor

A.1. Registro

El suscriptor utiliza el caso de uso *Registro* para registrarse en el sistema y obtener un nombre de usuario y una contraseña, con el objetivo de poder acceder a los servicios ofrecidos. En este proceso, aporta también sus datos personales y demográficos.

Precondición: ninguna.

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El suscriptor accede a la página de registro y rellena el formulario existente.
2. Los datos introducidos en el formulario se verifican por su consistencia, en el lado del cliente. Si son consistentes, el usuario visualiza una página intermedia, para confirmar los datos. Si no, una página de error indica qué campos hay que completar correctamente.
3. Los datos se envían al módulo de registro. Si el registro se procesa de forma adecuada, el suscriptor visualiza una página de bienvenida y el sistema le envía un correo electrónico con los datos de registro. Si hay algún fallo de procesamiento, el usuario es dirigido a una página de error, donde puede introducir los datos otra vez.

Caminos alternativos

1. Si el nombre de usuario ya se encuentra registrado, la página de error debe permitir que el usuario introduzca su contraseña para acceder al sistema.

Post-condición

Terminado el proceso, el suscriptor está dado de alta en la base de datos del sistema, se encuentra en posesión de su nombre de usuario y contraseña y se encuentra en la página de bienvenida a nuevos suscriptores.

Requisitos no funcionales:

1. El nombre de usuario es la dirección de correo electrónico, siguiendo la política establecida en el Proyecto Novatores.
2. En la página donde está ubicado el formulario es necesario presentar las condiciones generales de uso y de respeto a la privacidad, pidiendo al usuario que marque la casilla de aceptación de tales condiciones.

A.2. Autenticación

El suscriptor utiliza el caso de uso Autenticación para entrar en el sistema de forma autenticada, utilizando un nombre de usuario y una contraseña personales. El sistema, al identificar al usuario y su condición de suscriptor, le concederá la serie de permisos correspondientes.

Precondición

El suscriptor se ha registrado en el sistema y se encuentra en posesión de su nombre de usuario y contraseña.

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El suscriptor accede a la página principal del sistema. En esta página introduce su nombre de usuario y contraseña en un formulario para acceder al módulo de autenticación. El nombre de usuario (correo electrónico) se verifica del lado del cliente, en cuanto al formato permitido.
2. Los datos se envían al módulo de autenticación. Si los datos son correctos, el colaborador visualiza la página principal. Si los datos son incorrectos, el usuario es dirigido a una página de error, donde puede introducir los datos otra vez.

Camino alternativo

1. Si el usuario ha olvidado la contraseña puede solicitar que el sistema se la envíe a través de correo electrónico, una opción que debe estar disponible en la página de error. El colaborador introduce su dirección de correo electrónico en un formulario y al enviar los datos el sistema, envía la contraseña a la dirección indicada.

Post-condición

Terminado el proceso, el colaborador debe encontrarse en la página principal de bienvenida a suscriptores, con la exhibición de elementos de personalización (datos de usuario, últimos recursos publicados, avisos, etc.)

Requisitos no funcionales:

1. La sesión de usuario debe expirar a los 60 minutos de inactividad del usuario.

A.3. Gestión de datos personales

Este caso de uso se utiliza para la gestión de datos personales y de contacto del suscriptor. El suscriptor no debe ser capaz de cambiar su nombre de usuario, pero sí de cambiar su contraseña de acceso al sistema y otros datos de carácter personal.

Precondición

El colaborador debe estar autenticado por el sistema.

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El colaborador entra en la página de gestión de datos.
2. Los datos existentes se visualizan en la pantalla. Un botón proporciona al usuario la opción de cambiar sus datos personales.
3. Al elegir esta opción, los datos se enseñan en un formulario. El colaborador procede con los cambios y envía el formulario para que la modificación se realice.

Post-condición

1. Los datos de contacto se han modificado correctamente.

Requisitos no funcionales

1. Los datos que no se pueden cambiar y se enseñan como texto fijo.
2. La contraseña no se enseña por motivos de seguridad.

Comentario:

¿Si el nombre de usuario es el correo electrónico, qué pasaría si el usuario cambia su correo electrónico personal? ¿Debe ser capaz de cambiar el nombre de usuario, o debe utilizar el correo electrónico antiguo para autenticación (pero en este caso, debe ser capaz de cambiar la dirección de correo electrónico de contacto)?

A.4. Envío

El suscriptor envía sus recursos al Escaparate común, utilizando formularios para la entrada de metadatos relativos a la identificación del recurso, y siguiendo la adaptación del estándar LOM como base para el modelo de datos. Se prevén dos posibilidades:

1. El recurso enviado es un recurso externo, de forma que el usuario introduce una URL de acceso al recurso;
2. El recurso enviado está constituido por un fichero auto-contenido (por ejemplo, un fichero Flash o una aplicación Java), por lo cual es necesario cargarlo en el servidor. Una vez enviado, el recurso se queda en un estado denominado “pendiente de validación”, antes de figurar de forma pública en el Escaparate.

Precondición

El colaborador se encuentra autenticado por el sistema.

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El colaborador elige la opción “Enviar”.
2. El colaborador rellena un formulario con las informaciones de identificación del recurso. Cada campo del formulario contiene un texto de ayuda, describiendo su función y las indicaciones de cómo rellenarlo.
3. En el caso de que sea un recurso constituido por un fichero, se abre una sub-ventana del formulario, para que pueda seleccionar el fichero a partir de su disco duro y cargarlo en el servidor.
4. El sistema genera de forma automática los valores de metadatos que se contemplan como tal es.
5. El colaborador confirma los datos de identificación, en un formulario intermedio.
6. El colaborador termina el proceso de envío, enviando el formulario completo.
7. El sistema envía un mensaje de correo electrónico de notificación al editor, para que este valide el recurso enviado.

Caminos alternativos

Si el recurso se encuentra pendiente de validación, el suscriptor tiene la posibilidad de editarlo y borrarlo. Una vez validado, el suscriptor ya no posee esta capacidad.

Post-condición

Una vez enviado el artículo, los metadatos se han introducido en la base de datos y los ficheros en el servidor y se ha notificado al editor.

Comentarios

1. En el caso de envío de ficheros, los ficheros auto-contenidos, como por ejemplo pueden ser una imagen individual, o un fichero Flash, el proceso es claro. ¿Pero qué pasa en el caso de “recursos compuestos”, por ejemplo una página Web? En el caso de materiales elaborados por Novatores, la publicación se hace en un directorio Web de recursos a través de FTP y entonces el editor

indicaría la URL de acceso. En el caso de los suscriptores una posible solución sería dotarles de un área de publicación personal, con una interfaz Web de FTP. Otra posibilidad es que envíe el recurso en un fichero comprimido, directamente al editor, que luego publicaría el recurso por FTP. En este último caso, también podría proceder a una revisión técnica del recurso (¿con o sin consentimiento del suscriptor?).

2. Este caso de uso equivale a la función *PUBLISH/STORE* de la especificación IMS-DRI:

A.5. Consulta de recursos

El colaborador puede visualizar un recurso ubicado en el Escaparate.

Precondición

Ninguna.

Flujo de sucesos

Camino básico

1. A partir de las distintas formas de navegación o búsqueda, el suscriptor selecciona un recurso para visualizarlo. Las formas de navegación que se contemplan son (*ver Anexo IV*):
 - por disciplina
 - por tipo de recurso educativo
 - por tema curricular
 - por plan de lección (caso particular de tipo de recurso educativo)
 - por diseño educativo (ídem, pero en este caso son recursos criados por los suscriptores)
 - por palabra clave
 - últimos recursos publicados
 - recursos más visualizados
 - recursos favoritos
 - por instituciones colaboradoras (en el caso de rol de contribuidor igual a “autor”)
 - recursos mejor valorados

- últimas anotaciones realizadas (acceso indirecto)
 - por autor (opción “Más recursos de este autor”)
 - por recurso enviado por suscriptor (opción “Más recursos enviados por esta persona”).
2. También se proporciona al usuario la opción de realizar búsquedas rápidas y búsquedas avanzadas combinadas (título, palabras-clave, formato técnico, etc.)
 3. Se presenta una página de búsqueda con un listado de recursos, descritos por sus datos básicos. El usuario puede acceder directamente al recurso o elegir la opción “Ver Más Información”. Asimismo, la página de búsqueda se puede reorientar, según una orden de título, autor, fecha de publicación o valoración del recurso.
 4. En el caso de “Ver Más Información”, los datos de identificación completos del recurso se presentan en pantalla.
 5. La opción “Descargar Recurso” permite el almacenamiento local del recurso, en un formato informático manejable.
 6. La opción “Añadir a Favoritos” permite que la referencia del recurso quede almacenada en su área personal.
 7. Las opciones “Revisar” Y “Añadir Pedagogía” permiten que el usuario comente el recurso seleccionado. Se abre entonces una ventana con un formulario de envío de anotaciones o de una tarea pedagógica asociada a este recurso (complemento de la LOM), donde el sistema se encarga de generar automáticamente los campos donde esto sea posible
 8. Junto a cada recurso figuran las opciones para elegir “Revisión” y “Pedagogía”, con el cual se visualizarán, en una nueva ventana, las anotaciones realizadas por otros suscriptores en estas categorías.
 9. La opción “Acceder a Recurso” abre una nueva ventana de exhibición o permite que el usuario guarde el recurso en disco (en los casos aplicables).
 10. La opción “Valorar Recurso” permite al usuario asignar una valoración, en una escala de una a cinco estrellas, al recurso.

Post-condición

El colaborador ha visualizado o descargado el recurso.

Requisitos no funcionales

- El sistema debe identificar el tiempo estimado de descarga en el caso de que el recurso esté constituido por ficheros auto-contenidos (el formato y el tamaño informáticos del recurso ya se contemplan en el estándar LOM).
- El sistema también debe identificar de forma inequívoca si se trata de un recurso en idioma español o en idioma extranjero.

Comentarios:

1. En el caso de descarga de los recursos compuestos, se reproduce el problema de su carga al servidor, pero de forma inversa. Una posible solución es utilizar la especificación *IMS Content Packaging*.
2. Un dato interesante para mostrar al usuario y que no figura en la LOM es el número de visualizaciones de dicho recurso, en la página de detalle (más información del recurso).
3. Este caso de uso equivale a la función *SEARCH/EXPOSE* de la especificación IMS-DRI.

A.6. Consulta al directorio

El suscriptor puede consultar el directorio de usuarios del sistema, accediendo a los datos de contacto de otros suscriptores registrados en el sistema.

Precondición

El suscriptor se encuentra autenticado por el sistema

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El suscriptor accede al módulo de Directorio
2. El colaborador puede navegar por apellido de usuario (letras ordenadas en orden alfabético) o por institución (también en orden alfabético).
3. El colaborador puede realizar búsquedas por nombre y apellidos o de forma avanzada.
4. Al seleccionar un usuario del sistema se muestran en pantalla sus datos completos.
5. Al seleccionar la opción “Añadir a Comunidad”, la referencia del suscriptor se añade al área personal del suscriptor.

Post-condición

El colaborador ha visualizado los datos de otros usuarios del sistema.

Requisito no funcional: habrá que ajustar las condiciones de uso del servicio de Directorio de forma que no se infrinja la Ley de Protección de Datos.

Comentarios:

En el formulario de Registro también se puede contemplar la posibilidad de que el suscriptor pueda impedir que sus datos figuren en el Directorio público.

A.7. Suscripción al boletín de información

El suscriptor puede suscribirse al boletín de información periódica editado por la administración del Escaparate.

Precondición

El suscriptor se encuentra autenticado por el sistema

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El suscriptor accede a la página de suscripción.
2. El suscriptor marca la casilla “Suscribirse” al boletín y envía el formulario.
3. El suscriptor es redirigido a una página de confirmación.
4. El usuario confirma y es redirigido a una página de bienvenida. Mientras tanto el sistema envía un mensaje de bienvenida al Boletín, al correo electrónico del usuario.

Post-condición

El colaborador se ha suscrito en el Boletín.

A.8. Encomendar recurso

El suscriptor puede sugerir o encomendar un recurso educativo para que el proyecto Novatores lo desarrolle.

Precondición

El suscriptor se encuentra autenticado por el sistema

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El suscriptor elige la opción “Encomendar”
2. El colaborador rellena un formulario, describiendo sus necesidades, así como el área temática.
3. El usuario envía un formulario y es redirigido a una página de confirmación.
4. El usuario confirma y su mensaje es enviado a la persona responsable en el proyecto Novatores. Se presenta una página de agradecimiento.

Post-condición

El colaborador ha realizado la solicitud de recurso educativo.

Requisito no funcional

En la página donde está ubicado el formulario es necesario presentar las condiciones del servicio, requiriendo del usuario que marque la casilla de aceptación de tales condiciones.

A.9. Configuración de Sistema de Difusión Selectiva

El suscriptor puede configurar sus opciones personales para disfrutar del servicio de difusión selectiva de recursos publicados, para mantenerse a la par de temas de su interés.

Precondición

El suscriptor debe estar autenticado.

Flujos de sucesos

Caminos básicos

1. El suscriptor accede al módulo de Difusión Selectiva.
2. Si es la primera vez que accede al módulo, debe activar el envío de informaciones, aceptando las condiciones del servicio.
3. El suscriptor define sus criterios para la personalización de la información. Los criterios posibles son disciplinas científicas, tipo de recursos educativo, formato técnico y palabras clave.

4. El suscriptor define parámetros de configuración del sistema de difusión, por ejemplo, periodicidad de los envíos (a medida que la información se encuentra disponible, resumen diario, resumen semanal, resumen mensual) y formato (texto/HTML). El suscriptor envía el formulario.
5. Se presenta una página de confirmación, con las opciones elegidas. El colaborador confirma.

Camino alternativo

1. El suscriptor puede editar sus opciones de configuración. Al volver a visitar el módulo, se le proporciona esta opción.
2. Se le presenta la configuración existente. Si elige la opción cambiar, se le presenta el formulario con los datos existentes para modificación.
3. El suscriptor envía el usuario realizando los cambios solicitados.

Post-condición

El suscriptor ha introducido o cambiado de forma correcta sus preferencias para el Sistema de Difusión Selectiva.

B. Usuario casual

B.1. Consulta a modo de invitado

La consulta en modo de invitado permite al usuario acceder a los recursos, pero impide las siguientes acciones:

1. Descargar recurso
2. Añadir a Favoritos
3. Revisar/Añadir Pedagogía.

C. Editor-Bibliotecario

C.1. Validación

El editor-bibliotecario es el responsable final por la validación de los recursos y por consiguiente de que éstos se queden a disposición de los usuarios finales. Si opta por no validar el recurso, un mensaje es enviado al suscriptor. Alternativamente, antes de validar, puede editar él mismo el recurso.

Precondición

Haber recibido el mensaje de notificación envío de recursos o encontrar un listado de los recursos recientemente enviados dentro de su área de trabajo.

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El editor-bibliotecario recibe un mensaje de correo electrónico con los datos descriptivos del recurso y enlace de acceso para la validación. Si el editor-bibliotecario no se encuentra autenticado por el sistema, deberá proceder con la autenticación antes de visualizar la página de validación.
2. En la página de validación el editor consulta el recurso (caso de uso Consulta a recursos)
3. Si los datos de descripción y el recurso se encuentran conformes, el editor puede activar la opción “Validar Recurso”.

Caminos alternativos

El editor-bibliotecario puede editar el recurso (modificación de caso de uso “Edición”), para luego validarlo.

Post-condición

Si el recurso se ha validado, se encuentra disponible para consulta por parte de los otros usuarios del sistema. Si el recurso no se ha validado, el recurso se borra del sistema y se envía un mensaje de notificación estándar al usuario, al cual puede añadir comentarios específicos.

C.2. Edición

El editor-bibliotecario es capaz de editar cualquier recurso del Escaparate, cambiando los metadatos de identificación o los recursos mismos.

Comentarios

1. Una de las actividades de edición sería la inclusión de una vista en miniatura del recurso en cuestión, tarea que debe ser precedida por una captura en pantalla, con un *software* para tal fin. Al tratarse de una tarea con cierto nivel de especialización, va a ser característica del editor y poco frecuente para los suscriptores, aunque éstos la puedan realizar.

2. Otra función sería que el editor relacionara los recursos educativos con noticias o reportajes de carácter divulgativo ubicados en el portal de divulgación InfocienciaNet. En este caso, el editor-bibliotecario elegiría la opción “Relacionar materiales divulgativos” y en una nueva ventana podría consultar la base de datos de materiales de InfocienciaNet (en modo navegación y búsqueda), seleccionando los recursos a partir de menús. La relación se establece a partir de la sección 7 de la LOM – Relation.

C.3. Consulta a estadísticas

El editor-bibliotecario puede consultar estadísticas del sistema, por ejemplo, el número de veces que un recurso se ha visualizado por los usuarios del sistema.

Precondición

El editor-bibliotecario se encuentra autenticado.

Flujos de sucesos

Caminos básicos

1. El editor-bibliotecario selecciona una de las categoría de análisis que son: visualizaciones de recursos, criterios de búsqueda empleados y presencia de los usuarios (cuantas veces ha accedido, últimos accesos)
2. El sistema genera el informe asociado. Asimismo, el editor puede cambiar parámetros de la consulta, por ejemplo, agrupando los resultados por áreas temáticas, por formato técnico, por institución colaboradora.
3. El editor-bibliotecario puede generar una versión optimizada para impresión o exportar a un archivo para importación por otras bases de datos (CVS).

Post-condición

El editor-bibliotecario ha visualizado un informe de estadísticas del sistema.

C.4. Edición/Envío de Boletín

El editor accede al módulo de Edición del Boletín, lo cual está dotado de un editor visual de HTML, por ejemplo FCKeditor.

Precondición

El editor-bibliotecario se encuentra autenticado.

Caminos básicos

1. El editor-bibliotecario puede redactar el boletín, con la posibilidad de guardar el trabajo realizado, de forma previa a su publicación.
2. Desde la opción Consultar Bases de Datos, puede seleccionar aquellos recursos que van a figurar en el boletín, recuperando los recursos a través de una adaptación del caso de uso “Consultar Recursos”.
3. El editor también puede utilizar imágenes ilustrativas, cargando las imágenes desde su disco local hasta un área de almacenamiento especial en el servidor.
4. A partir de la opción “Previsualizar”, el editor visualiza el resultado de la edición del Boletín en una ventana desprovista de los elementos de interfaz de usuario, y cómo se vería en un mensaje de correo electrónico.
5. El editor puede elegir la opción “Enviar Boletín”. Se presenta una página de confirmación, con la posibilidad de previsualizarlo.
6. Al confirmar, el sistema envía a través de correo electrónico el mensaje a todos aquellos usuarios que se hayan suscrito al boletín. El boletín enviado también tendrá elementos de personalización, como por ejemplo, saludo y recomendaciones de otros recursos.
7. Se almacena en el sistema una copia del Boletín (sin elementos de personalización, para consulta en línea).

Caminos alternativos

1. El sistema debe registrar los mensajes de correo electrónico que “botan”, generando un informe para el administrador del sistema.

Post-condición

El editor-bibliotecario ha editado y enviado un boletín de actualización.

C.3. Exportar a XML

El editor-bibliotecario puede exportar un determinado recurso al formato XML para intercambio de datos.

Precondición

El editor-bibliotecario se encuentra autenticado.

Flujos de sucesos

Caminos básicos

1. El editor-bibliotecario ha encontrado un recurso que desea exportar.
2. Eligiendo la opción “Exportar” el sistema genera un fichero de texto con los datos de identificación del recurso formateados según el estándar definido por la LOM.
3. El editor-bibliotecario elige la ubicación donde desea guardar el fichero XML.

Post-condición

El editor-bibliotecario ha generado un fichero XML.

Comentarios

Esta es una función que podría ser útil para otros usuarios, como por ejemplo para suscriptores de instituciones colaboradoras.

D. Administrador

D.1. Gestión de usuarios

El administrador puede cambiar el rol de los usuarios en el sistema y asimismo, cambiar sus datos.

Comentario

¿Cómo se gestionan las contraseñas? ¿Tiene acceso o cuando un usuario tiene un problema genera una contraseña nueva, aleatoria que se envía a través de correo electrónico al usuario?

D.2. Configuración del sistema

El administrador puede configurar algunos aspectos del sistema, por ejemplo a qué intervalos se debe hacer la sindicación de contenidos y el número de recursos a syndicar.

E. Sistema de Sindicación de Contenidos

E.1. Generación de títulos

Precondición

Tener por lo menos un ítem de información publicado en la base de datos y estar configurada la periodicidad que determina a cada cuanto tiempo se realiza este caso de uso.

Flujos de sucesos

Caminos básicos

1. El sistema se activa automáticamente, de acuerdo con la configuración establecida por el administrador.
2. El sistema recoge los titulares de los últimos “x” recursos publicados, el valor “x” determinada también por el administrador.
3. El sistema genera el fichero XML, en formato RSS, correspondiente.
4. El sistema publica el fichero XML en la URI especificada.

Caminos alternativos

1. Si se verifica que no hay recursos nuevos publicados, el proceso es abortado.

Post-condición

Se ha generado la sindicación de contenidos.

Comentarios

Se puede plantear la creación de varios “canales” de sindicación, para los cuales el caso de uso se repetiría. Posibles canales serían:

- Materiales más recientes
- Materiales más comentados
- Materiales más recientes, según clasificación temática (un canal para cada categoría de clasificación)
- Materiales más recientes, según tipo de recurso educativo (un canal para cada tipo)

F. Sistema de Difusión Selectiva de Información

F.1. Envío

Precondición

Estar determinada por el administrador del sistema la frecuencia con que se realiza el inicio de la operación.

Flujos de sucesos

Caminos básicos

2. En el momento en que el sistema verifique que se ha atendido la condición de inicio, se inicia el proceso.
3. Para cada usuario, el sistema realiza una búsqueda en el Escaparate, utilizando como criterios los parámetros definidos en la configuración del usuario.
4. En seguida, el sistema compone un mensaje de correo electrónico, incorporando la información de descripción del artículo y el texto completo o resumen del artículo.
5. Estas acciones se repiten para cada usuario que posea el Sistema de Difusión Selectiva activado.

Caminos alternativos

El sistema debe registrar los mensajes de correo electrónico que “botan”, generando un informe para el administrador del sistema.

Post-condición

Se han enviado mensajes a todos los usuarios del sistema, de acuerdo con su perfil declarado.

G. Sistema de Recomendación Automática

El sistema debe identificar de forma automática las áreas de interés y los miembros de la comunidad que manifiesten los mismos intereses que determinado usuario.

Dichos elementos se visualizarán en el área personal de cada usuario.

Comentarios:

Profundizar en los mecanismos a través de los cuales el sistema va a determinar si un recurso o suscriptor comparte una afinidad con el usuario.

H. Editor instructivo

H.1. Gestionar Proyectos

En este apartado el usuario puede crear un nuevo proyecto o editar un proyecto existente. Asimismo puede borrar un proyecto existente. Al seleccionar un nuevo proyecto,

pasa una página donde puede seleccionar una plantilla de diseño para el diseño educativo. El usuario también puede modificar algunas de las informaciones de pie de página, generadas de forma estándar. Al seleccionar “Editar Proyecto” en caso de un proyecto existente, pasa al apartado de “Reunir Recursos”. Al seleccionar borrar, pasa a una página de confirmación y una vez confirmado, el proyecto se borra.

Comentario

El usuario también podría cargar su foto personal y el logotipo de su institución. Sin embargo esta funcionalidad podría estar situada en los casos de uso de registro y gestión del perfil personal.

H.2. Reunir Recursos

En la página de reunir recursos, el suscriptor se encuentra básicamente en el caso de uso “Consultar recurso”, y específicamente en la modalidad de navegación de búsqueda avanzada. En la página de búsqueda, entretanto, las posibilidades son “Acceder al recurso” y “Añadir a la lista”. Los recursos marcados con una casilla se añadirán al listado de recursos seleccionados. Al enviar el formulario, se visualiza la misma página inicial de este módulo, pero con la lista actualizada. El suscriptor puede entonces pasar al módulo de Descripción o buscar otros recursos.

H.3. Describir el proyecto

En la página de descripción el usuario entra datos de identificación del diseño educativo que está creando, de acuerdo con la LOM. Se trata de una adaptación del caso de uso “Enviar”. El suscriptor puede guardar las informaciones introducidas, después del cual retorna a esta misma página, con la diferencia de que se visualiza un mensaje de confirmación. El suscriptor también puede pasar a la sección siguiente, de manera que las informaciones introducidas se guardan de forma automática.

H.4. Crear y organizar

En este módulo, el usuario puede crear distintas páginas Web. A cada página Web creada, el usuario introduce un título y un texto de descripción y puede seleccionar cuáles de los recursos anteriormente seleccionados estarán situados. El usuario puede “Guardar y Continuar”, después de lo cual retorna a la página inicial de este módulo. Asimismo, puede “Crear Otra Página” u “Organizar la Secuencia” (lineal) de presentación de las páginas creadas.

También puede “Borrar” o “Editar” las páginas creadas, a partir de esta misma lista. Por último, puede pasar al siguiente módulo.

H.5. Previsualizar

En el módulo de pre-visualización, el suscriptor visualiza el resultado de las páginas creadas. En cada página, entretanto, hay la opción de editarla o de publicar el diseño educativo, el próximo módulo.

H.6. Publicar

En el módulo de publicación, se genera el recurso educativo y se visualiza una pantalla de finalización. En esta pantalla se exhibe la URL del diseño educativo creado. Además, se posibilita que el usuario lo envíe por correo electrónico a otras personas. En la pantalla de envío, puede seleccionar la opción “Enviar a sí mismo” o “Seleccionar suscriptores”, en cuyo caso accede al caso de uso “Consultar Directorio”. O entonces entrar de forma libre el nombre y la dirección electrónica de una persona a quien desea enviar el recurso. Además, puede volver al primer módulo, para iniciar otro proyecto.

Comentarios

1. Verificar la posibilidad de buscar en otros directorios y de realizar una búsqueda federada.
2. Para utilizar un recurso propio, dentro del diseño educativo, el usuario deberá primero enviar el recurso al Escaparate. Esto plantea un pequeño problema, pues este recurso debe primeramente ser validado por el editor-bibliotecario, en primer lugar, para luego estar disponible. Una solución es permitir que a los diseños educativos se incorporen los materiales pendientes de revisión. En este caso, si determinado material no es validado, el usuario debería notificarse de forma especial, con la alerta de que el recurso presente en el diseño anteriormente ya no está.
3. El suscriptor también debería ser capaz de utilizar elementos gráficos decorativos, por lo cual en las páginas de edición una ventana le permitiría cargar los ficheros en el servidor. Sería necesario hacer comprender al usuario la diferencia entre un elemento puramente decorativo y una imagen que consistiera un recurso educativo y que debería estar a la disposición de los demás usuarios mediante el Escaparate.

Conclusión

A través de este recorrido hemos trazado un amplio panorama de los conceptos relacionados con los museos científicos y centros de ciencia virtuales, de su papel dentro de los procesos de comunicación pública de la ciencia y la tecnología y de la educación de ciencias y de cómo pueden adquirir una identidad virtual y ampliar su función educativa a través de distintas acciones formativas realizadas en Red. A continuación enumeramos nuestras conclusiones, tanto en relación a cada área de estudio por separado, como a sus interconexiones, que en su conjunto permiten dibujar el papel del concepto de los museos científicos virtuales como elemento de potenciación del aprendizaje en ciencias, en complementación a su papel tradicional.

1. A partir del concepto de virtualidad, que tiene sus orígenes en los inicios del pensamiento occidental y que se verifica presente a lo largo de la historia y cultura humanas, especialmente en la literatura, hemos averiguado cómo surge una nueva forma de representación de la realidad, pese a que también se pueda observar un discurso “inflacionario” sobre lo virtual y de la existencia de consideraciones de cuño filosófico que se pueden considerar equivocadas, por adoptar determinados marcos teóricos previamente a una reflexión sobre los cambios conceptuales originadas por la introducción de una nueva tecnología, y que pueden no resultar adecuados para el análisis.

Al no estar más vinculada a un objeto o modelo real, la representación digital o virtual se desvincula de una noción preconcebida de la realidad y da origen a nuevas formas de representación, y por lo tanto, de comprensión e interpretación. En los entornos virtuales, además, no rigen las leyes físicas del mundo “real”, sustituyéndolas por modelos matemáticos. Por lo cual son ambientes propicios para la experimentación de condiciones ideales o inalcanzables, como frecuentemente se presentan en la ciencia y la tecnología, y extienden la percepción humana más allá de cualquier tecnología anterior. En la era de la simulación, los signos alcanzan una autonomía propia, pese a las vinculaciones con la realidad que se convengan mantener.

2. Pero los mundos virtuales también son una extensión directa de la acción humana, reuniendo lo sensible y lo inteligible y constituyendo un nuevo campo del pensamiento, en el sentido de que las tecnologías pueden funcionar como prótesis del pensamiento humano, en el espacio subjetivo denominado ciberespacio. Por otro lado, la creación digital, al suponer un modelo preexistente y que ha de ser determinado, depende de una cierta visión del mundo, basada en argumentos y formalizaciones. Esto puede implicar problemas éticos y políticos, mismo en las situaciones de resultados abiertos e intersubjetivas que la interactividad puede aportar, tanto en su vertiente hombre-máquina como hombre-máquina-hombre.

Entre las relaciones entre lo “virtual” y lo “real”, y de las consideraciones físicas, matemáticas, sociales y psicológicas que se puedan establecer entre ambos entornos, también es interesante notar que el primero puede considerarse una etapa intermedia entre proyecto y objeto, una extensión o dimensión extra de la realidad, y que se puede observar en relaciones de presentación, interpretación, prolongación e inyección.

3. Desde el punto de vista teórico, la creciente capacidad técnica, entendida como forma de mediación cognitiva, asociada al hecho de que en los entornos virtuales se experimenten de forma concreta como una forma de percepción del mundo, señala una posible “desmaterialización” y la creación de una “hiperrealidad”, en la cual lo virtual se tomaría como más real que la propia realidad y experiencia directa, asumiendo el papel de nueva referencia de la cultura y un nuevo puesto en el sistema de valores.

En su conjunto, estas características pueden resultar determinantes en el modo como se la circulación social del conocimiento científico y tecnológico puede realizarse, principalmente cuando se consideran las aplicaciones multimedia o los entornos virtuales, y especialmente para los museos científicos y centros de ciencia.

4. De forma que estas instituciones deben estudiarse a partir de una perspectiva más amplia, en lo que se denomina el campo de la comunicación pública de la ciencia y la tecnología y de la promoción de la cultura científica. Este movimiento, se consideramos a sus distintas vertientes como un todo, tiene como objetivo hacer el discurso de la ciencia, su precisión, su libertad de juzgamiento, su creatividad, su estímulo al pensamiento libre y su método de verificación de la verdad asequibles a toda la sociedad, entendidos como valores a cultivarse en las sociedades libres y democráticas, pero también como un discurso constituyente de la cultura.

Por otro lado, las cuestiones científicas y tecnológicas asumen cada vez más importancia en el mundo moderno, por lo cual se requiere una participación cada vez más grande de la sociedad en la toma de decisiones en estos campos, que a su vez, deben ser bien informadas. De ahí considerar la percepción que el resto de la sociedad tiene del entorno científico-técnico.

Sobre todo, la circulación del conocimiento científico y técnico busca un “reparto democrático del saber”, que en sí mismo no dejaría de ser contradictorio, debido a la perpetuación de estructuras de poder en función de la apropiación del conocimiento por las clases dominantes. Por esto, también es importante reflexionar acerca de qué tipo de conocimiento y de qué forma se debe realizar esta circulación. Y en un momento, que además del planteamiento de serias cuestiones éticas sobre su tratamiento mediante la comunicación científica, se evidencia un juego de manipulaciones y sesgos interesados, en atención a intereses privados y/o económicos.

5. Por estos motivos, tanto la comunicación pública de la ciencia como la participación ciudadana en cuestiones científico-tecnológicas se consideran un reto a perseguir, debido a los

beneficios a los individuos, a la sociedad y al entorno socioeconómico que pueden aportar. Asumiendo la existencia de distintos formatos, como pueden ser el periodismo científico, la divulgación científica y cultural, la comunicación de crisis, los eventos de promoción de la ciencia, la museología científica, pero también de distintas estrategias, como pueden ser el foco en la transmisión o en la apropiación / negociación del conocimiento científico. Estos enfoques deben ser complementarios, pues la comunicación pública de la ciencia no debería abandonar su función explicativa en función del denominado enfoque contextualizador: para participar, también es necesario conocer.

6. En particular, la museología científica, heredera de una larga tradición en la historia como forma de preservar y diseminar el conocimiento, asume un papel de destaque en las actividades de promoción pública de la ciencia y de la tecnología. Este destaque se ve asociado con la valoración de la importancia de la función de transmisión y de comunicación del conocimiento, frente a la concepción del museo como un ente estático, dedicado a la colección y a la preservación, y centrado en los objetos.

Los museos científicos tienen sus antecedentes en los llamados gabinetes de curiosidad y en los principios de la ciencia misma, que en el siglo XVIII adoptaba criterios de rigurosidad y sistematización, asociados a la colección y preservación. En un momento posterior, surgen los museos de la industria y de la técnica, ya centrados en el aspecto comunicativo, embajadores de la revolución industrial y buscando capacitar la clase trabajadora en las necesidades de los avances técnicos. Por último, una tercera generación de museos científicos adopta el lema de la interactividad, con la participación activa del visitante y con la demostración de principios científicos, frente a la colección de objetos y el foco especializado de los museos tradicionales.

En la actualidad, se puede observar una tendencia de convergencia entre estas dos amplias clasificaciones, museos y centros interactivos, en la medida en que las acciones comunicativas empiezan a basarse en el objeto y viceversa. Una convergencia entre mostrar y comunicar la ciencia a la vez. Más que las diferencias, asumen mayor importancia sus objetivos comunes de acercar la sociedad al conocimiento científico, despertando el interés de una forma alternativa a los canales de comunicación de masas o de la educación formal, y su reto común de la alfabetización científica. Más que eso, los museos y centros de ciencia rescatan un papel de foro imparcial y de fomento del diálogo, donde todos los segmentos de la sociedad puedan alcanzar su voz propia, incluidos los representantes del sistema de ciencia y tecnología y de la industria, rescatando el concepto de participación pública y democratización del saber.

Como retos de la museología científica moderna quedan las asignaturas pendientes de representar la ciencia como un proceso dinámico, más que como un cuerpo fijo de conocimientos y evitar el carácter fragmentario de las exposiciones y la adopción de un modelo

de transmisión lineal de la información basado en el déficit del conocimiento del visitante, rasgo compartido con el periodismo y con la divulgación científica.

7. Además, la ciencia contemporánea, con la velocidad en que se dan los descubrimientos científicos y los avances técnicos; y la incertidumbre y controversias por lo general asociadas a la ciencia más avanzada y puntera; la valoración del entretenimiento en relevo de la educación y las dificultades asociadas a su financiación y manutención consisten grandes desafíos el siglo que iniciamos, por lo cual se demanda una reconceptualización de estas instituciones y una actuación más local y cercana a la sociedad.

8. Como elemento común entre el movimiento de la comunicación pública de la ciencia y la tecnología y la museología científica podemos destacar el concepto de alfabetización científica. Así, la divulgación tiene una componente pedagógica y la museología una componente comunicativa, con el objetivo común de enseñar ciencia y tecnología.

El concepto de alfabetización científica todavía es bastante discutido y controversial en el interior de la comunidad académica, pero su acepción más común es la de una medida mínima de conocimiento sobre ciencia y tecnología que las personas deben tener para actuar en la sociedad moderna. Podría dividirse en un vocabulario de conceptos científicos fundamentales mínimo, la comprensión acerca de los procesos de la ciencia y de sus impactos en la sociedad. En la actualidad, la discusión se centra por un lado en las metodologías adoptadas para la medición de indicadores que la represente, y por otro de la ampliación / sustitución de este concepto por el de cultura científica, que reflejaría el nivel de integración del discurso científico en la sociedad.

Pero la alfabetización científica también se puede interpretar en el sentido de alcanzar una “apreciación de la ciencia”, una distinción que se puede apreciar mejor a partir de la comprensión de las raíces históricas de la educación de ciencias. Esta se centraba en la formación de especialistas y en la preparación de futuros científicos, en antagonismo a una concepción de “ciencia para todos”, más aceptada en la actualidad. Por lo tanto, una educación de ciencias de alcance general debería no tanto centrarse en la información técnica, sino reflejar las dimensiones humanísticas de la ciencia y de la tecnología, buscando la comprensión de la naturaleza del conocimiento científico y su desarrollo histórico.

Los crecientes y continuados reclamos por la alfabetización científica se ven acompañados, de forma paralela, por una demanda de reforma educativa en enseñanza de las ciencias. De esta forma, frente a la presentación de información científica aislada de la vida y de las necesidades del cotidiano de los estudiantes, tradicionalmente estos contenidos se centran en esquemas demasíadamente técnicos, demandando más que cualquier otra cosa la memorización de datos. Además, el fenómeno de las concepciones alternativas, o conocimiento previo, algunas dificultades inherentes a la aprensión de conocimientos científicos y matemáticos y la tensión

entre el conocimiento actual proporcionado por la ciencia contemporánea y el currículo escolar también actúan como barreras importantes.

9. De manera relacionada a esta postura, otras líneas de investigación educativa abogan por la educación de ciencias vinculada a la educación para la ciudadanía, con el desarrollo de valores y actitudes que permitan a los aprendices participar activamente en la vida social. Por ejemplo a través de la educación en ciencia, tecnología y sociedad (CTS), como forma de complementar e currículo o disciplinas, o mismo como forma de reconstruir los contenidos en ciencia y tecnología.

10. Resta, por lo tanto, identificar cuáles los acercamientos pedagógicos que resultarán más útiles para alcanzar estos distintos objetivos. En particular, el aprendizaje investigativo, con su orientación de “aprender ciencia haciendo ciencia”, y de buscar el desarrollo del pensamiento científico a través de sus componentes de desarrollo de actitudes, interacción social y herramientas y técnicas, puede resultar útil para la demostración de la naturaleza de la ciencia y para el desarrollo de valores. En el museo, y principalmente en los centros de interactivos de ciencia, resulta un acercamiento natural, debido a sus experiencias “*hands-on*” y participación activa.

A su vez, las concepciones constructivas del aprendizaje sitúan al proceso de aprendizaje en la mente del aprendiz, sea por descubrimiento interno o auxiliado por la interacción social, y puede resultar útil en la búsqueda de un mayor acercamiento con las preocupaciones e intereses de los alumnos.

En la temática de la educación de ciencias también cabe considerar la dinámica entre la educación formal e informal; pese a la tiranía de los términos y a la multiplicidad de los criterios de demarcación posibles. Aquí, adoptamos como criterio de demarcación el sentido organizativo y metodológico, tomando como base el marco convencional de la escuela. También hay que destacar que se producen relaciones de complementariedad y reparto de funciones entre los dos ámbitos.

Pero en la educación informal, y sobretodo en el aprendizaje realizado en los museos destacan como rasgos característicos y diferenciadores la libre elección asociada a la motivación intrínseca y el aprendizaje adaptado al contexto personal de cada visitante, además de la ausencia de evaluaciones formales. Para algunos investigadores, en el museo, más que aprender información, resultan más eficaces los objetivos afectivos. Pero en el caso particular de las ciencias, además del aprendizaje investigativo, los museos y centros de ciencia pueden auxiliar al sistema formal con la creación de disonancia o conflicto cognitivo a través de la demostración práctica, con el objetivo de superar concepciones alternativas con la generación de conflictos internos en la mente del aprendiz.

11. Retornando a nuestra temática principal, los museos virtuales, su principal característica sería establecer un vínculo entre distintas informaciones y entre estas informaciones y sus usuarios, proporcionando formas personalizadas o contextualizadas de acceso a la información científica y cultural y la posibilidad de establecer un diálogo entre los visitantes y el museo. Entretanto, desde los “folletos electrónicos” cuya función principal sería auxiliar en la promoción y el marketing de la institución, hay un largo camino hacia los museos virtuales “verdaderamente interactivos”, aquellos dotados de las características anteriores.

También cabe destacar que más que un intento de sustituir los museos tradicionales y la experiencia de visita y de contacto con el objeto museístico, los museos virtuales encuentran su razón de ser en aquellas experiencias que pertenecen exclusivamente al ámbito digital; sea a través de recursos multimedia interactivos o por la participación en comunidades de usuarios de mismos intereses que trasciendan límites geográficos. De forma relacionada, al adentrarse en la virtualidad el museo también puede llegar hasta las personas que por unos u otros motivos no podrían acceder a este conocimiento, cumpliendo y ampliando así su misión social.

Son diversos los contenidos y estrategias de actuación que los museos virtuales pueden adoptar para alcanzar estos objetivos, desde las páginas Web informativas, pasando por las exposiciones virtuales, las bases de datos de colecciones, los materiales didácticos, la cobertura de eventos a través de medios digitales y la implementación de medidas de accesibilidad en función de aquellos usuarios físicamente discapacitados.

Otras estrategias más se sitúan en el terreno de la experimentación, como pueden ser la personalización de interfaces y la utilización de agentes inteligentes en auxilio del visitante virtual, las visitas cooperativas, los entornos gráficos interactivos en tres dimensiones y la integración entre lo virtual y lo real a través de la realidad aumentada. A partir de este último punto, también cabe notar que la integración real-virtual se da en las dos direcciones, es decir, los museos físicos desde hace tiempo incorporan recursos multimedia, realidad virtual y exposiciones inteligentes, por lo cual se puede decir que la “desmaterialización”, y por lo tanto la reconceptualización, de los museos es anterior al fenómeno de museo virtual, vinculado al surgimiento de Internet.

Pero adentrar en la virtualidad significa también asumir una identidad en Internet, con el afrontamiento de las cuestiones prácticas relacionadas, como el establecimiento de un dominio de Internet de nivel superior para estas instituciones, la promoción de la iniciativa y la conquista de su audiencia frente a una enormidad de otros recursos disponibles, y sobre todo, la financiación y patrocinio de estas actividades. Y siguiendo la mejor tradición museística también queda el reto de estudiar los visitantes virtuales, tanto en lo que se refiere a su caracterización, como a la de los efectos de la visita.

12. Con los museos virtuales surge el interesante concepto de “metacentro”, o museo de museos, basado en el principio mismo de que en ellos toda información se encuentra

interconectada. Iniciativas de este tipo podrían servir como base para acciones colaborativas que resultaran en un beneficio económico, a través de la economía de recursos, y en un fortalecimiento de la imagen de los museos virtuales frente al resto de la sociedad. Pero también en exposiciones y actividades más ricas, frutos de la acción sinérgica entre distintos profesionales y distintas instituciones, posiblemente en ámbito intercultural e internacional.

Particularmente para la cuestión de la enseñanza en ciencias y de la alfabetización científica nos interesan las acciones educativas realizadas en el museo virtual, en otras palabras, su utilización como soporte de la enseñanza y del aprendizaje. La estrategia más común, además de sencillamente proporcionar el acceso público a la información contenida en su interior, es la creación de materiales didácticos en consonancia con el currículo escolar para la utilización por profesores y alumnos y de actividades para desarrollo anterior y posterior a la visita a un museo. Estas experiencias educativas pueden ser más ricas en la medida en que se desarrollan en un contexto de virtualidad, marcado por la acción individual, la interdisciplinariedad y la flexibilidad en cuanto a los límites espacio-temporales y a los estilos de aprendizaje individuales.

Otras iniciativas buscarían las acciones colaborativas, por ejemplo la asociación entre distintas escuelas, y entre alumnos y la comunidad científica en proyectos de investigación distribuida, teniendo al museo como intermediario, como punto de encuentro. De todas formas, el mayor reto en la ejecución de estas iniciativas, más que técnico sería social, al involucrar distintas comunidades de práctica como son los profesores, los científicos y los profesionales del museo, así como los distintos contextos en que desarrollan sus actividades.

En el caso de los museos científicos y centros interactivos de ciencia, una experiencia educativa perteneciente puramente al dominio digital la consisten los experimentos virtuales, con su valor informacional derivado de la convergencia entre lo experimentado y lo aprendido, y con la superación de las limitaciones físicas, económicas y de seguridad frente a los laboratorios reales. Más importante, los experimentos virtuales revelan su máxima utilidad al posibilitar la experimentación y la visualización de condiciones inalcanzables en el mundo real, justamente debido a la desvinculación entre representación y naturaleza, con la adopción de un modelo subyacente que puede ser cualquiera, según una característica de la simulación digital comentada anteriormente.

Y para los museos científicos y centros de ciencia, reflexionar acerca de la naturaleza de la información científica y de sus posibles representaciones en el ámbito digital, implica reorientar sus acciones con la intención de evitar presentarla de forma en que se entienda puramente como entretenimiento o tan abstracta que no se pueda relacionar con la realidad. En este sentido, lo virtual podría aportar más significado que lo real.

13. En última instancia, los experimentos virtuales pueden estar vinculados a espacios virtuales de formación integrales, proporcionando experiencias cognitivas, afectivas, sociales y

estimulando el desarrollo de habilidades y actitudes científicas. De esta manera, más que experimentos virtuales aislados, se trataría de buscar “proyectos de investigación virtuales”, con la aplicación del aprendizaje investigativo y del constructivismo a la educación de ciencias. De todas formas, sea cual sea la acción educativa planteada por el museo en el ámbito digital, también se requiere una capacidad crítica y analítica, con el objetivo de buscar un aprendizaje efectivo y promover un cambio sistémico y cultural en sus usuarios, de manera que la tecnología educativa se adopte efectivamente.

En las acciones formativas realizadas en la Red, en la actualidad destaca el concepto de objeto de aprendizaje y la propuesta de una economía informacional, y cuyo propósito principal sería la reutilización de recursos educativos a través de distintos contextos de enseñanza-aprendizaje. Técnicamente, el concepto surge en función de estándares técnicos educativos promovidos por consorcios internacionales y se materializa en la forma de repositorios de recursos digitales que hacen uso de estos estándares como *lingua franca* en el intercambio de objetos, por un lado, y para facilitar su descubierta por parte de los usuarios, por otra.

Entre las preguntas asociadas a la reutilización y distribución compartida de recursos educativos, la adopción de una economía de objetos de aprendizaje afectaría a las instituciones educativas, que dedicarían menos tiempo en crear recursos, y más a la creación de actividades y a la contextualización de los mismos. El concepto de repositorio se aproxima entonces al concepto de “metacentro”, dado el objetivo común de servir como dispositivo central de acceso a la información y de prolongar el alcance de instituciones individuales, en búsqueda de una audiencia más amplia.

Y aunque todavía se encuentre en sus inicios, la investigación de los objetos de aprendizaje se dirige hacia su planificación pedagógica y hacia el intercambio ya no de recursos, sino de pedagogías a utilizar en conjunción con estos mismos recursos, y en las cuales se especificaran los papeles de profesores y alumnos, así como de las tareas y actividades a realizar. En su conjunto, tanto el intercambio de recursos como de sus pedagogías asociadas se encuentra en consonancia con una visión de que el acceso al conocimiento debe ser libre, abierto y gratuito, y de que la interacción social desde la perspectiva de la colaboración entre distintas instituciones y distintos tipos de actores del proceso educativo, puede llevar a experiencias más enriquecedoras y más profundas.

En la aplicación práctica de los repositorios digitales todavía quedan por definirse y perfeccionarse los mecanismos de control y certificación de calidad necesarios para que la construcción social del conocimiento no resulte en desinformación, una seria cuestión que también se plantea en otros ámbitos, como por ejemplo, la publicación científica electrónica.

Se cierra de esta manera un ciclo entre objetos de aprendizaje, repositorios digitales y metacentros de los museos virtuales, con un posible denominador común bajo la forma de los

experimentos virtuales, dada la complejidad técnica de la confección de éstos. Tal convergencia se presenta como oportunidad de propulsar la misión educativa de museos científicos y centros de ciencia, de forma a relacionarlos más estrechamente con el sistema educativo formal, los principales usuarios de los repositorios. Además, la clara concepción educativa contenida en la definición de objeto de aprendizaje exigirá que estas instituciones reflexionen acerca de su misión educativa, auxiliando en la comprensión de la ciencia, más que en el aspecto de entretenimiento.

Los museos virtuales abren innumerables posibilidades de acceso a manifestaciones y creaciones culturales que ni la escuela ni los textos pueden resolver por sus limitaciones como instrumentos de acceso a la cultura, al tiempo que complementa de manera relevante las posibilidades de formación que tanto las aulas como los textos pueden promover. En este punto, destacamos la utilización de tecnologías informáticas aplicadas al ámbito de la educación de las ciencias, especialmente las demostraciones interactivas multimedia y los experimentos virtuales que, utilizados en conjunto con herramientas de colaboración y comunicación, pueden acercar la actividad didáctica a la práctica científica, acercándose a la reforma educativa demandada en la actualidad.

Los experimentos virtuales suponen además un acercamiento al aprendizaje activo e investigativo, proporcionado un contexto personal y práctico de investigación que se encuentra ausente en los museos reales. Para los repositorios, por otra parte, la contribución principal de los museos virtuales sería el suministro de recursos educativos dotados de certificación de calidad, además del reconocimiento de fiabilidad, autoridad e imparcialidad por parte del público.

Esta convergencia también atiende a un objetivo estratégico, haciendo posible la economía de recursos a través de la colaboración institucional, especialmente importante para instituciones que se afrontan con un reto de financiación. En conclusión, conviene a toda la comunidad, de una u otra manera interesada en la alfabetización científica, como forma de fortalecer sus vínculos y contribuir a la mejoría de sus métodos y resultados.

Este tipo de propuesta es particularmente interesante para la realidad inmediata en la cual planteamos nuestro trabajo. A través investigación realizada sobre los contenidos de los museos y centros de ciencia virtuales se ha podido averiguar que en su conjunto, el tradicionalismo y la ausencia de experiencias realmente innovadoras nos puede llevar a creer que los museos de ciencia en Iberoamérica y en España están perdiéndose una oportunidad única, de experimentar, innovar y quizás, redefinir su papel y su misión frente a la sociedad.

13. Solamente en la región de Castilla y León, donde se desarrolla el proyecto Novatores, hemos identificado el Museo de Ciencias de Valladolid, la exposición Artilugios para Fascinar de la Filmoteca de Castilla y León, el Museo de Historia de la Automoción de Salamanca y la Biblioteca Antigua Universidad de Salamanca como posibles beneficiarios de museos virtuales “verdaderamente interactivos”, dotados de contenidos pasibles de utilización en el ámbito

educativo. Particularmente, el caso de la Biblioteca Antigua personifica la posibilidad de aplicación de exposiciones y experimentos virtuales como forma de recrear experimentos científicos históricos, y de esta forma, utilizar a la historia de la ciencia como elemento de contextualización.

Se demandan iniciativas de colaboración para la propulsión del concepto de museo virtual, por ejemplo a través de la creación de metacentros de información, que funcionaran como un punto de acceso común a la información de los distintos museos y que además establecieran la base institucional para la realización proyectos comunes, para la obtención de fondos y para la concienciación en relación con las posibilidades educativas del museo virtual.

14. En la actualidad, el concepto de museo virtual se presenta bien establecido, frente a las primeras discusiones académicas sobre el tema, con el reconocimiento de que no se trata de una amenaza a las instituciones reales, sino una forma alternativa de expresión y de acción. Consiste, asimismo, en un campo de innovación, propicio a nuevas experiencias museísticas, por un parte, y de la investigación académica y científica, por otra.

Particularmente, una línea de investigación de interés en el campo de la museología virtual sigue siendo la de la evaluación de la visita y del intento de medir el aprendizaje logrado. En este sentido, los museos se beneficiarían aún más del establecimiento de nexos con el sistema de educación formal, al lograr poblaciones controladas para la realización de este tipo de estudios. Aunque también les interese realizar este tipo de evaluación sobre el conjunto total de sus visitantes, no limitándose al público escolar.

15. En el campo de la aplicación e innovación tecnológica, también conviene estar atento a nuevos formatos y nuevos lenguajes que complementarían los ya mencionados sistemas de personalización, de agentes inteligentes, de realidad virtual y de realidad aumentada. La tecnología de Internet todavía se encuentra en su infancia y desarrollos técnicos como la difusión masiva de la banda ancha tendrán un impacto significativo sobre la forma de utilización de los recursos multimedia, en la actualidad utilizados con parcimonia y lo cual beneficiará sin lugar de dudas al campo de los museos virtuales.

En última instancia, experimentos virtuales y su utilización a través de redes educativas distribuidas, en ámbito global, consisten experiencias únicas del ámbito digital que justifican el concepto de museo virtual, otorgándole una existencia y una identidad propias, más allá de la simple replicación de los contenidos de los museos reales.

16. En nuestra propuesta práctica de realización de un repositorio de recursos educativos en educación de ciencias conectado al sistema de educación informal, hemos avanzado en el estudio de estándares técnicos educativos, con la adopción de taxonomías compatibles con las metodologías de enseñanza / aprendizaje en este campo como son el aprendizaje investigativo, las visitas de campo y por supuesto, la visita a los museos científicos y centros de ciencia.

Como investigación futura en el campo de los estándares técnicos educativos en su relación con la educación informal, sugerimos averiguar la posibilidad de integrar objetos digitales y objetos reales en las exposiciones a través de estos estándares educativos, y para lo cual sería necesaria la descripción de los módulos interactivos y objetos presentes en el museo, requiriendo la interoperabilidad entre distintos estándares de descripción de la información museística existentes y en uso en la actualidad.

Entre estos estándares, destaca particularmente la especificación *IMS - Learning Design* relacionada con la creación de metodologías didácticas en consonancia con los objetos museísticos y en sí mismas pasibles de reutilización y adaptación para uso en distintos contextos educativos, y cuyo desarrollo merece atención. Por ejemplo, sería interesante averiguar cómo a partir de una exposición virtual se podrían derivar objetos de aprendizaje, incluirlos en un repositorio digital y a partir de él confeccionar distintos diseños pedagógicos, adoptando por ejemplo un acercamiento de aprendizaje investigativo, otro constructivista y otro de educación CTS.

17. Los conceptos de interoperabilidad, de acceso público (o libre) a la información y de reutilización de recursos, no obstante, no son una exclusividad de los museos, existiendo movimientos similares en el desarrollo de *software*, en la publicación científica académica y en la educación superior. En última instancia, iniciativas como *Open Archives Initiatives*, que tienen como objetivo el desarrollo de mecanismos técnicos y estructuras organizativas que favorezcan la interoperabilidad de repositorios de información también deberán extenderse al universo de la museología.

En otras palabras, los museos, como instituciones clave en el ámbito de la cultura, deben estar atentos a las posibilidades organizativas que promete la denominada “Web semántica” pero también a una concepción del concepto de circulación libre o abierta del conocimiento como fuente propulsora de la creatividad intelectual y de la igualación entre las brechas en el desarrollo económico y en la capacidad científica-tecnológica observada en la actualidad entre países o mismo entre regiones, insertándose y participando en este contexto a través de sus congéneres virtuales.

18. La integración de los museos virtuales a un escenario más amplio de desarrollo y aplicación de la tecnología a la educación abre nuevas líneas de investigación teórico-práctica. Nos gustaría indicar una posibilidad muy factible, que en su momento incluso consideramos como posible línea de desarrollo de este trabajo, la utilización del museo virtual como soporte para la formación de periodistas y divulgadores científicos, además de los docentes y monitores de museos y centros de ciencia, en suma, de todos aquellos profesionales de una u otra forma relacionados con la promoción de la cultura científica. En este sentido, los objetos museísticos virtuales no se utilizarían para enseñar ciencia, sino para enseñar cómo enseñar o divulgar ciencia.

Esta línea de acción se relacionaría con la investigación en procesos de formación en espacios virtuales, particularmente la educación a distancia tecnológicamente soportada, en la actualidad un campo de estudios emergente y prometedor.

19. Como conclusión final, la cultura de la virtualidad y los cambios que realiza sobre la ciencia, la tecnología y su circulación social, por no decir sobre todas ramas de actividad humana, todavía son recientes. La evolución de la tecnología que da base a Internet sin lugar a dudas evolucionará, permitiendo el desarrollo del concepto de museo virtual “verdaderamente interactivo” mucho más allá de lo que se pueda imaginar en la actualidad. Sin embargo, creemos fundamental la comprensión de su potencial para el desarrollo de las funciones informativa y educativa de los museos y de su potencial como foro y punto de encuentro para distintos actores de la sociedad científica y tecnológica, complementando sus actividades actuales. Esta comprensión es absolutamente necesaria para que los museos mantengan su papel de referencia en la cultura y en la educación.

Bibliografía

- Abowd, G., & Mynatt, D. (2000). Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. *ACM Transactions on Computer Human Interaction*, 7(1), 29-58.
- Aguilar, T. (1999). *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía: una propuesta de formación de profesores*. Madrid: Narcea.
- Aguirre Romero, J. M. (1996). Artes de la memoria y realidad virtual. *Espéculo Revista Literaria*, (2) Dirección URL: <<http://www.ucm.es/info/especulo/numero2/memoria.htm>>.
- Agustine, N. (1998). What we don't know does not hurt us. How scientific illiteracy hobbles society. *Science*, 279(5357) Dirección URL: <<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/279/5357/1640>>.
- Aibar, E., & Quintanilla, M. A (2002). *Cultura tecnológica. Estudios de ciencia, tecnología y sociedad*. ICE-Horsori.
- Albertos, J. L. M. (1977). *El mensaje informativo*. Barcelona: A.T.E.
- Allen, S. (1997). Using scientific inquiry activities in exhibit explanations. *Science Education (Informal Science Education - Special Issue)*, 81(6), 715-734.
- Almond, G. A. (1950). *The American people and foreign policy*. New York: Harcourt & Brace.
- Alonso Fernández, L. (1993). *Museología. Introducción a la teoría y práctica del museo* (1ª. ed.). Madrid: Istmo.
- Alonzo, F., Garzotto, F., & Valenti, S. (2000). 3D-Temporal navigation and the web: how to explore a virtual city along multiple historical perspectives. *Museum and the Webs 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/garzotto/garzotto.html>>.
- Ames, P. (1993). Views on the value of various evaluations. In S. Bicknell & G. Farnelo (ed.), *Museum Visitor Studies in the 90s* (pp. 47-49). Londres: Science Museum.
- Anable, S., & Alonzo, A. (2001). Accesibility techniques for museum Web sites. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/angus/angus.html>>.
- Anderson, M. L. (1999). La coordinación de los museos en línea. *Museum Internacional*, 51(4), 25-30.
- Anderson, T. (2003). Commentary on A comparison of issues in reuse of resources in schools and colleges, In A. Littlejohn (ed.) *Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning*, Kogan Page, Londres. *Journal of Interactive Media in Education*, 1(Special Issue on Reusing Online Resources)
- Angus, J. (2001). Wired for accesibility. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Museums and the Web 99. Selected papers: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/angus/angus.html>>.
- Anido Rifón, L. E., & Rodríguez Artacho, M. (2002). *Estándar para Metadatos de Objetos Educativos*. Dirección URL:<http://www.gist.uvigo.es/~lanido/LOMes/LOMv1_0_Spanish_2.doc>.
- Antonio Rodríguez de las Heras. (1990). *Propiedades del objeto en el espacio digital. Navegar en la información*. Madrid: Fundesco.
- Arouca, M. (2001). Formação de recursos humanos para divulgação de ciências. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 307-310). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Arroyo, L. (2000). Realidad virtual. In P. G. Barreno (ed.), *La ciencia en tus manos*. Espasa Calpe.
- Arzoz, I., & Alonso, A. (2001). Miguel de Cervantes, la primera novela moderna. *Bitniks*, 2001.

- ASE - Association for Science Education. (1997a). *ASE Policy Statement: Quality in science education*. Dirección URL: <http://www.ase.org.uk/htm/thease/about_ase/pdf/qual_pol.pdf>.
- ASE - Association for Science Education. (1997b). *ASE Policy Statement: The place of information technology in science education*. Dirección URL: <http://www.ase.org.uk/htm/thease/about_ase/pdf/19_ictse.pdf>.
- ASE - Association for Science Education. (1997c). *ASE Policy Statement: Values and science education*. Dirección URL: <http://www.ase.org.uk/htm/thease/about_ase/pdf/3_val_pol.pdf>.
- Ash, D. (2000). The process of skills inquiry. In Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources (ed.), *Inquiry. Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom*. Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation. Dirección URL: <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/ch_7.htm>.
- Aurora, E. (2001). Alicia en el país de Borges. *Especulo Revista Literaria*, (16) Dirección URL: <http://www.ucm.es/info/especulo/numero16/car_borg.html>.
- Australian National Training Authority. (2003). *VET Learning Object Repository. Green Paper for Discussion*. Australian National Training Authority. Dirección URL: <http://www.flexiblelearning.net.au/projects/resources/VLOR_green_paper.pdf>.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology. A cognitive view*. (2ª. ed.) New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Avradinis, N., Spyros, V., & Panayiotopoulos, T. (2000). Using virtual reality techniques for the simulation of physics experiments. *4th Systemics, Cybernetics and Informatics International Conference, SCI 2000*. Dirección URL: <<http://kelnet.cs.unipi.gr/research/physics.pdf>>.
- Bacon, F. (1941). *La nueva Atlántida. Edición anotada, con estudios sobre Bacon y su filosofía*. Juan Adolfo Vázquez (trad.). Buenos Aires: Editorial Losada.
- Bandelli, A. (2001). The challenge of BIONET: eight European science centres and museums are building a digital exhibition on life sciences. *Museologia. An International Journal of Museology*, 2(1)
- Bandelli, A. (2002). *Electronic Environments and Museums*. Dirección URL: <<http://www.nobel.se/nobel/nobel-foundation/symposia/interdisciplinary/ns120/lectures/bandelli.pdf>>.
- Bandelli, A., Broadburne, J. (1996). Turning information into knowledge: the Actua project at newMetropolis. In G. Farmelo & J. Carding. (eds.). *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Science Museum, Londres: Science Museum.
- Bannan-Ritland, B., Dabbagh, N., Murphy, K. (2000). Learning object systems as constructivist learning environments: related assumptions, theories and applications. In D. A. Wiley (ed.), *The instructional use of learning objects: online version*. Dirección URL: <<http://reusability.org/read/chapters/bannan-ritland.doc>>.
- Baratas Díaz, L. A., del Egado, A (1999). Museos científicos en Internet. *Museum International*, 51(4), 35-41.
- Barbieri, T., & Paolini, P. (2000). Cooperative visits for the museum WWW sites a year later: evaluating the effect. *Museums and the Web 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/barbieri/barbieri.html>>.
- Barceló, M. (1998). Ciencia, divulgación científica y ciencia ficción. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (11) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num11/011035.htm>>.
- Barger, C. (2000). Arts, Science & History On-Line: examples of successful collaborations between an e-learning firm and non-profit organizations. *Museums and the Web 2000. Museums and the Web 2001*, Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/barger/barger.html>>.
- Barr, D. W. (1998). The Website: extending the museum's mandate for lifelong learning. *Museum Colloquium Proceedings: Education, Issues and Practices*. Ontario Museum Association. Dirección URL: <<http://www.distedsys.com/documents/>>.

- Barreiros, S. M. (2001). Monitorando ciência. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 311-316). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Barshinger, T. (1998). Museum & methods collaboration: understanding science teaching via distance learning technology. *Proceedings of the 1998 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*. Dirección URL: <http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/1998AETS/f5_2_barshinger.rtf>.
- Barshinger, T., & Ray, A. (1998). From volcanoes to virtual tours: bringing museums to students through videoconferencing technology. *Distance Learning '98. Proceedings of the Annual Conference on Distance Teaching & Learning*. Madison.
- Barslow, D. (1996). The richness of two cultures. *Proceedings of the National Conference on Student & Scientist Partnerships*. Georgetown: TERC/Concord Consortium. Dirección URL: <http://www.terc.edu/ssp/conf_rep/ncssp_2/richtwo.htm>.
- Bartels, D. M. (2000). An introduction to the National Science Education Standards. In Division of Elementary (ed.), *Inquiry. Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom*. Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation. Dirección URL: <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/ch_3.htm>.
- Bartels, D. M. (1999). Science centers should embrace standards. *ASTC Newsletter*, (January/February) Dirección URL: <<http://www.astc.org/pubs/dimensions/1999/jan-feb/standards.htm>>.
- Barton, J., & Kindberg, T. (2001). *The challenges and opportunities of integrating the physical world and networked systems*. Dirección URL: <<http://champignon.net/TimKindberg/MobicomChallengeAsTR.pdf>>.
- Baudrillard, J. (1978). *Cultura y simulacro*. Barcelona: Editorial Kairós.
- Baudrillard, J. (1983). *Simulations*. New York: Semiotext.
- Baudrillard, J. (2000). *Pantalla total*. Barcelona: Anagrama.
- Bazley, M., Clark, L., Bottaro, B., & Elinich, K. (2002). Think globally, act locally: the role of real teachers in community science issues. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/elinich/elinich.html>>.
- Bearman, D. (1995). Museum strategies for success on the Internet. *Museum collections and the Information Superhighway Conference*. Science Museum, Londres.
- Bearman, D., & Trant, J. (1999). *Museum Internacional*, 51(4), 20-23.
- Beetlestone, J. G., Johnson, C. H., Quin, M., & White, H. (1998). The Science Center Movement: contexts, practice, next challenges. *Public Understanding of Science*, 7(1), 5-26.
- Benjamin, W. (1936). La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica. In *Discursos Interrumpidos*. Madrid: Taurus. Dirección URL: <http://inicia.es/de/m_cabot/la_obra_de_arte_en_la_epoca_de_su.htm>.
- Bennett, J. (1999). The Museum of the History of Science, Oxford. *Arbor*, CLXIV(647-648), 435-444.
- Benett, J. M. (1999). Students learning science through collaborative discussions on current events on science. *National Association of Research in Science Teaching Conference 1999*. Dirección URL: <<http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/bennett/bennett.html>>.
- Berenfeld, B. (1998). *From the pedagogical underground to the Global Laboratory*. Dirección URL: <<http://www.eoe.org/FMPro?-db=Objects.fp3&-token=libraryPapers&-format=/library/paperdetail.htm&-recid=35321&-lay=all&-Find>>.
- Berger, C. F., Lu, C. R., Belzer, S. J., & Voss, B. E. (1994). Research on the uses of technology in science and education. In L. Gabel (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning: a project of the National Science Teachers Association*. New York: Mcmillan.
- Berger P.L., & Luckmann.T. (1983). *A construção social da realidade*. Petrópolis: Vozes.

- Bertoletti, A. C., & Moraes, M. C. (2001). Providing personal assistance in the SAGRES virtual museum. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/bertoletti/bertoletti.html>>.
- Besenal, P. (1997). The attraction of the spectacular. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Besser, H. (1997). Integrating collection management information into online exhibits. *Museums and the Web 1997*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Betancourt, F. J. (s.d.). *Museo, educación y comunicación*. Dirección URL: <<http://www.redpop.org/publicaciones/mainmuseocomunic.html>>.
- Betancourt, F. J. (2001). La RED-POP: pasado y presente. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 651-659). São Paulo: 2001.
- Betancourt, J. (2001). Educación activa de la ciencia. *Museológica*, 4(6)
- Bettenworth, V., & Abott, A. (2000). Virtual laboratory will recreate classic experiments. *Nature*, 408(761) Dirección URL: <http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nature/journal/v408/n6814/full/408761b0_fs.html>.
- Bettetini, G. & Colombo, F. (1995). *Las nuevas tecnologías de la comunicación*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Bettetini, G. (1991). *La simulazione visiva: inganno, poesia, computer graphics*. Milano: Bompiani.
- Bhola, H. S. (1990). *Evaluating "Literacy for development" projects, programs and campaigns: evaluation planning, design and implementation, and utilization of evaluation results*. Hamburg: UNESCO Institute for Education - DSE (German Foundation for International Development).
- Bicknell, S. (1997). Engendering equality: a look at the influence of gender on attitudes to science and technology. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Blache, B. (2000). Un palacio para reconciliar al hombre con la ciencia. *Museum International*, 52(208), 43-47.
- Bloom, J. (1992). Science and technology museums face the future. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Bogomazova, T. G., & Bronnikov, V. A. (2001). Applying high technology to a museum Web site (The Amber Room Project). *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/bogomazova/bogomazova.html>>.
- Bohm, M. (2002). EUSCEA: A quantum leap for European science communication. *7th International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Cape Town. Dirección URL: <<http://www.saasta.ac.za/pcst/papers/papers/bohm.pdf>>.
- Bonfil Olivera, M. (2002). La difusión cultural de la ciencia: un puente para reintegrar la ciencia a la cultura. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Bonnster, R. J. I. (1998). Inquiry: learning from the past with an eye in the future. *Electronic Journal of Science Education*, 3(1)
- Borges, J. L. (1974). Everything and nothing. *Obras Completas. 1923-1972*. Buenos Aires: Emecé.
- Borysewicz, S. (1998). Networked media: the experience is closer than you think. In S. Thomas & A. Mintz (ed.), *The virtual and the real: media and the museum* (pp. 103-116). Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Bouchet, M. J. (1987). Cité des Sciences et de l'Industrie: ein Wissenschaftsmuseum der dritten Generation. *Chemie in Unserer Zeit*, 21(2), 37-43.

- Bowen, D. (2000). El museo virtual. *Museum Internacional*, 52(1), 4-7.
- Bowen, J. (1997). The Virtual Library museum pages (VLmp): whence and whither? *Museums and the Web 1997: Selected Papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Bowen, J. (1998). Virtual visits to virtual museums. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/bowen/bowen_paper.html>.
- Bowen, J. (1999a). Basta con conectarse. *Museum Internacional*, 51(4), 4-7.
- Bowen, J. (1999b). Time for renovations: a survey of museum Web sites. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Museum and Archive Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/bowen/bowen.html>>.
- Bowen, J. (2002). Museophile: a community for museum e-commerce. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/bowen/bowen.html>>.
- Bradburne, J. M. (1998). Dinosaurs and white elephants: the science center in the twenty-first century. *Public Understanding of Science*, 7(3), 237-253.
- Bradburne, J. M. (2000). Tracing our routes: museological strategies for the 21st century. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 35-84). Québec: Editions Multimondes.
- Bragança Gil, F. (1998). Museums of science and science centers: two opposite realities? *Museums of science and technology. I Encontro Internacional sobre Museus de Ciência e Técnica*. (pp. 21-39). Lisboa: Museu da Universidade de Lisboa - Fundação Oriente.
- Branch, R. M. (s.d.). *Evaluation strategy for GEM educational resources*. Dirección URL: <<http://www.geminfo.org/Workbench/Evaluation/strategy.html>>.
- Brantner, S., Enzi, T., Guth, S., Neumann, G., & Simon, B. (2001). UNIVERSAL Design ad implementation of a highly flexible e-market-place for learning resources. *1st IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. Dirección URL: <<http://www.wu-wien.ac.at/usr/wi/bsimon/publikationen/pap-151-Sim.pdf>>.
- Briggs, P. (1992). Building positive attitudes to science: new ideas from museums and other groups. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Brigola, J. (2001). Controversial concepts in museology: the case of cabinets of physics in the 18th century. *Museologia. An International Journal of Museology*, 2(1)
- Brito Cruz, C. H. (2002). A universidade, a empresa e a pesquisa que o país precisa. In L. Woellner dos Santos, E. Y. Ichikawa, P. V. Sendin & D. F. Cargano (eds.), *Ciência, tecnologia e sociedade. O desafio da interação*. Londrina: IAPAE.
- Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*. México D. F.: Paidós-Facultad de Filosofía y Letras Universidad Autónoma de México.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguids, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 32-42.
- Bruner, J. (1984). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bruner, J. (1988). *Realidad mental y mundos posibles. Los actos de imaginación que dan sentido a la experiencia*. (p. 184). Barcelona: Editorial Gedisa.
- Bruno, M. C. O. (2001). Princípios gerais de museologia e comunicação museológica. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 267-269). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Bucchi, M. (1998). *Science and the media: alternative routes in scientific communication*. (1st ed.) Londres: Routledge.

- Bud, R. (1995). Science, meaning and myth in the museum. *Public Understanding of Science*, 4(1), 1-16.
- Bueno, W. C. (1984). *Jornalismo científico no Brasil: os compromissos de uma prática dependente*. Tesis de doctorado, Universidade de São Paulo - ECA, São Paulo.
- Bueno, W. C. (1999). Jornalismo científico: resgate de uma trajetória. *Comunicação & Sociedade* 30.
- Bueno, W. C. (2000). Os novos desafios do jornalismo científico. *VII Congresso Iberoamericano de Jornalismo Científico*. Buenos Aires. Dirección URL: <<http://www.comunicacaoempresarial.com.br/artigojornacientificowilbuenodesafios.htm>>.
- Bunge, M. (1990). La opinión pública y el desarrollo científico y técnico en una sociedad democrática. *Arbor*, 135(531)
- Burcaw, G. E. (1975). *Introduction to museum work*. Nashville: American Association for State and Local History.
- Burdea, G., & Coiffet, P. (1996). Tecnologías de la realidad virtual. *La réalité virtuelle* (1ª. ed.). Barcelona: Paidós.
- Burel, B. (2001). Exhibitions and the use of electronic networks. *ISCOM Spring Session Report*. Madrid, ISCOM. Dirección URL: <<http://www.ecsite.net/iscom/meet/>>.
- Bush, V. (1945). As we may think. *Atlantic Monthly*, (176), 101-108. Dirección URL: <<http://www.ps.uni-sb.de/~duchier/pub/vbush/vbush.shtml>>.
- Butler, S. (1992). *Science and technology museums*. Leicester: University Press.
- Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. *Scientific literacy. An international symposium*. Kiel.
- Caballer, M. J., & Oñorbe, A. (1997). Resolución de problemas y actividades del laboratorio. In L. del Carmen (ed.), *Cuadernos de formación del profesorado de educación secundaria: ciencias de la naturaleza*. Barcelona: Horsori.
- Cadoz, C. (1995). Las realidades virtuales. *Les réalités virtuelles* (1ª. ed.). Madrid: Editorial Debate.
- Caldas, G. (1998). Jornalistas e cientistas: uma relação de parceria. *Observatório da Imprensa*, (49) Dirección URL: <<http://www.comtexto.com.br/telaartigojorciengraçarelacienjornal.htm>>.
- Caldas, G., & Macedo, M. (1999). A formação de jornalistas científicos no Brasil. *Fapesp Pesquisa*, (47)
- Calder, N. (1998). Los científicos reciben de la prensa el trato que merecen. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (13) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num13/013007.htm>>.
- Calvo, C. M., Rosenberger, A. L., & Hansen, C. (1997). The Digital Darwins Project: 3-D Resources for Interactive Natural Science via the Internet. *Museums and the Web 97. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Calvo Hernando, M. (1990). Ciencia y periodismo en Europa y America: problemas actuales del conocimiento científico publico. *Arbor*, 135(531), 117-123.
- Calvo Hernando, M. (1992). *Periodismo Científico*. Madrid: Paraninfo.
- Calvo Hernando, M. (1990). El periodismo del IIIer milenio. *Arbor*, CXXXVI (534-535), 59-71.
- Calvo Hernando, M. (1997). Manual de periodismo científico. Barcelona: Bosch.
- Calvo Hernando, M. (2000). La comunicación de la ciencia al público, un reto del siglo XXI. In G. Kreiz & C. Pavan (eds.), *Os donos da paisagem. Estudos sobre divulgação científica* (pp. 187-197). São Paulo: Núcleo José Reis de Divulgação Científica - ECA - USP.
- Cameron, D. (1971). The museum: a temple or forum. *Curator*, 14(1), 11-24.
- Campbell, P. (1997). Hubble Space Telescope: a Web resource for museums and planetaria. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.

- Candotti, E. (2002). Para contar o que eu não sei. In L. Woellner dos Santos, E. Y. Ichikawa, P. V. Sendin & D. F. Cargano (org.), *Ciência, Tecnologia e sociedade. O desafio da interação*. Londrina: IAPAR.
- Carey, R. (2001). *The Co-operative Learnware Object Exchange*.
- Carnevale, D. (2002). A virtual laboratory simulates physics experiments. *The Chronicle of Higher Education*. Dirección URL: <<http://chronicle.com/free/2002/12/2002121601t.htm>>.
- Carnevale, D. (2003). The virtual lab experiment. 49(21), A30. *The Chronicle of Higher Education* 49(21) Dirección URL: <<http://chronicle.merit.edu/free/v49/i21/21a03001.htm>>.
- Caro, P. (1997). Las imágenes de la ciencia. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (9) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num9/articulos.htm>>.
- Caro, P. (1997). Tensions between science and education in museums and elsewhere. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Casacubierta, D. (2002). La transmisión del conocimiento en los nuevos medios: un acercamiento cognitivo. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (25) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num25/025058.htm>>.
- Castellanos, P. (1998). Los museos como medios de comunicación: museos de ciencia y tecnología. *Revista Latina de Comunicación Social*, (7) Dirección URL: <<http://www.ull.es/publicaciones/latina/a/71mus.htm>>.
- Castellanos, P. (1999). Los museos de ciencia y tecnología, como mediadores ciudadanos. *Revista Latina de Comunicación Social*, (23) Dirección URL: <<http://www.ull.es/publicaciones/latina/a1999bno/22patcaste.html>>.
- Castells, M. (1997). *The information age: economy society and culture. Volume I: The rise of the network society*. Madrid: Alianza Editorial.
- Castells, M. (2001). Museums in the Information Era. Cultural connectors of time and space. *ICOM News - Newsletter of the International Council of Museums*, 54(3).
- Castiel, L. D. (2003). Insegurança, ética e comunicação em saúde pública. *Revista Saúde Pública*, 37(2), 161-167. Dirección URL: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v37n2/15281.pdf>>.
- Cavalcante, M. A., Tavoraro, C. R. C. (2001). Contextualização e instrumentação no ensino de uma Nova Física: o exercício da cidadania. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 179-182). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Cebrián, J. L. (1998). *La red. Cómo cambiarán nuestras vidas los nuevos medios de comunicación*. Madrid: Taurus.
- CEN/ISSS. (1998). *Information Society Standardization System*. Dirección URL: <<http://www.cenorm.be/iss/workshop/lt/>>.
- Century, M. (1995). *Beyond the virtual museum: towards ART (augmented reality telepresence)*. Dirección URL: <<http://www.music.mcgill.ca/~mcentury/Papers/ART.html>>.
- Cerf, V. G. (1993). *National laboratories: Applying information technologies for scientific research*. National Academy Press.
- CESCEO/MCEETYA. (1999). *Strategy for generating on line curriculum content for Australian schools*. Dirección URL: <<http://www.thelearningfederation.edu.au/repo/cms2/tlf/published/1642/docs/strategy.pdf>>.
- Chadwick, J., Boverie, P. (1999). A survey of characteristics and patterns of behaviour in visitors to a museum Website. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/chadwick/chadwick.html>>.
- Chalmers, D. J. (2003). *The Matrix as metaphysics*. Dirección URL: <<http://www.u.arizona.edu/~chalmers/papers/matrix.html>>.

- Chaparro, M. C. (1990). De la ciencia al pueblo por la vía periodística. Una propuesta ética y técnica para la divulgación de los actos y hechos de la investigación científica por los medios de comunicación de masa. *Arbor*, CXXXVI(534-535), 43-57.
- Charles, C. (2003). Granularisation. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Chavarría Díaz, J. (1999). *Lo real y su doble. El arte como constructor de espacios virtuales*. Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Chaves, C. (2001). O conhecimento sobre jornalismo científico: análise das tendências evidenciadas pela literatura acadêmica brasileira. In E. Guimarães (org.), *Produção e circulação do conhecimento. Estado, mídia, sociedade*. (v. Ipp. 153-210). Campinas: Pontes.
- Chesher, C. (1994). Colonizing virtual reality. Construction of the discourse of virtual reality, 1984-1992. *Cultronix*, 1(1) Dirección URL: <<http://eserver.org/cultronix/chesher/>>.
- Chickering, A., & Giamson, Z. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. *AAEHE Bulletin* (March).
- Christofolletti, R. (2001). Jornalismo, verdade e ética: divulgação científica e confusão informativa. Vol. III(2).
- Chun, S., Oliver, J. S., Jackson, D. F., Kemp, A. (1999). Scientific literacy: an educational goal of the past two centuries. *National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting*. Boston.
- Clariana, R. B. (1989). Computer simulations of laboratory experiences. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 8(2), 14-19.
- Clarke, A. C. (1977). *Perfiles del futuro: una investigación de los límites de lo posible*. Barcelona: Caralt.
- Clóitre, M., Shinn, T. (1985). Expository practice: social, cognitive and epistemological linkages. In T. Shinn & R. Whitley (eds), *Expository science: forms and functions of popularization*. Dordrecht: Reidel.
- Collins, H. (1996). El golem: lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia. Barcelona: Critica.
- Colom Cañellas, A. J. (1992). Estrategias metodológicas en la educación no formal. In J. Sarramona (ed.), *La educación no formal*. Barcelona: CEAC.
- Colwell, C., & Scanlon, E. (2000). The PEARL Project: remote, collaborative experimentation for science students. *CAL 2001*. Warwick. Dirección URL: <<http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/publications/CAL2001.doc>>.
- Comisión Europea. (2001). *Eurobarometer 55.2. Europeans, Science and Technology*. Comisión Europea. Dirección URL: <<http://europa.eu.int/comm/research/press/2001/pr0612en-report.pdf>>.
- Constable, E. C. (1993). The Precarious Reality of Alice's World. *The Victorian Web*.
- Constantin, A. C. C. (2001). *Museus Interativos de Ciência: espaços complementares de educação. O surgimento da primeira instituição brasileira*. Tesis de doctorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Coombs, P. H., & Ahmed, M. (1974). *Attacking rural poverty: how non-formal education can help*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Coracini, M. J. (1992). Desconstruindo o discurso de divulgação. In R. Arrojo (org.), *O signo desconstruído* (1ª. ed.). Campinas: Pontes.
- Correa, J., & Ibáñez, A. (s.d.). Internet, enseñanza y difusión de la ciencia. *Cuaderns Digital*, 24. Dirección URL: <<http://www.quadernsdigital.net/articuloquaderns.asp?IdArticle=3567>>.
- Cossons, N. (1999). The National Museum of Science & Industry, London. *Arbor*, CLXIV(647-648), 385-402.
- Cossons, N. (1996). Science, culture and museums. *The Annual European Museum Forum Lectures*. Mannheim. Dirección URL: <<http://stars.coe.fr/museum/cossonsE.html>>.

- Costa, S. (1999). The use of Internet and the democratisation of information: the Brazilian experience. *Electronic Publishing '99. Redefining the information chain - new ways and voices: proceedings of an ICCC/IFIP conference*. (pp. 314-317). Washington D.C.: ICCC Press. Dirección URL: <<http://www5.hk-r.se/EIPub99.nsf>>.
- Couchot, E. (1993). Da representação à simulação. In A. Parente (org.), *Imagem máquina. A era das tecnologias do virtual* (3ª ed., pp. 37-48). São Paulo: Editora 34.
- Couchot, E. (1998). *Images. De l'optique au numérique*. Hérmes.
- Crestana, S. (2001). Subsídios para projetos de centros e museus de ciência. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 624-630). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Crestana, S., Hamburger, E. W., Silva, D. M., & Mascarenhas, S. (2001). *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Crook, C. (1998). *Ordenadores y aprendizaje colaborativo*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- Crowley, K., Galco, J. E. (2001). Everyday activity and the development of scientific thinking. In K. Crowley, C. D. Schunn & T. Okada (eds.), *Designing for science: implications from everyday, classroom, and professional science* (pp. 393-413). Mahwah: Erlbaum.
- Crowley, K., Leinhardt, G., & Chang, C. (2001). Emerging research communities and the World Wide Web: analysis of a Web-based resource for the field of museum learning. *Computers and Education*, 36(1), pp. 1-14.
Dirección URL: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=371006.371008&coll=portal&dl=ACM&CFID=8902036&CFTOKEN=9852330>>.
- Csikszentmihalyi, M., & Robinson, R. (1990). *The art of seeing: an interpretation of the esthetic encounter*. Malibu: Paul Getty Museum and Getty Center for Education in the Arts.
- Cunningham, C. D. E. & B. F. (2000). The Web Institute for Teachers: engaging teachers in developing web-based curriculum. *Society for Information Technology and Teacher Education Proceedings 2000*. Charlottesville, VA, Association for the Advancement of Computing in Education. Dirección URL: <<http://cuip.uchicago.edu/wit/talks/SITE2000.htm>>.
- Cury, M. X. (2001). Estudo sobre centros e museus: subsídios para uma política de apoio. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 93-112). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- da Silva, G. A. (2001). Montagem de exposições de difusão científica. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 254-260). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Dahinden, U. (2001). Public understanding of science and public participation in science: competing or complementary paradigms. *6th International Conference on Public Communication of Science & Technology*. Ginebra. Dirección URL: <<http://visitservice.web.cern.ch/VisitsService/pcst2001/proc/Dahinden.rtf>>.
- Dalgarno, B. (2002). The potential of 3D virtual learning environments: a constructivist analysis. *E-Jist. Journal of Instructional Science and Technology*, 5(2) Dirección URL: <<http://www.usq.edu.au/electpub/e-jist/docs/Vol5%20No2/Dalgarno%20-%20Final.pdf>>.
- Davallon, J. (2000). Promoting science at the museum. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 521-577). Québec: Editions Multimondes.
- Davies, P. (1992). *La nueva mente de Dios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Davis, L., Rolland, J., Hamza-Lup, F., Ha, Y., Norfleet, J., Pettitt, B. et al. (2003). Enabling a Continuum of Virtual Environment Experiences. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 23(2), 10-12. Dirección URL: <<http://csdl.computer.org/dl/mags/cg/2003/02/g2010.htm>>.

- de Barros, A. T. (1999). A natureza interdisciplinar da comunicação e o novo cenário da produção de conhecimento. *XXII Congresso Brasileiro de Comunicação*. Dirección URL: <<http://www.intercom.org.br/papers/xxii-ci/gt11/11b01.PDF>>.
- de Elvira, M. R. (1990). Las fuentes de la noticia en ciencia. *Arbor*, CXXXVI(534-535), 93-102.
- de Hoyo, M. (2002). El periodista y el lenguaje científico. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico* Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- de Kerckhove, D. (1990). *La civilisation vidéo-chrétienne*. Paris: Retz/Atelier Alpha Blue.
- de Kerckhove, D. (1999). *The skin of culture* (1ª. ed.). Barcelona: Editorial Gedisa.
- de Paiva Abreu, A. R. (2001). Estratégias de desenvolvimento científico e tecnológico e a difusão da ciência no Brasil. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 23-28). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- de Rosnay, J. (1992). Intellectual ergonomics and multimedia exhibitions. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- de Semir, V. (2002). Aproximación a la historia de la divulgación científica. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (26) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num26/026004.htm>>.
- Dede, C., Ruess, K. (2000). Museum-related multimedia and virtual environments for teaching and learning science. *CILT 2000: Technology, Equity, and K-14 Learning*. Dirección URL: <http://confreg.uoregon.edu/necc2001/NECC_CD/presents/dede/present.pdf>.
- Deleuze, G. (1987). *Diferencia y repetición*. Gijón: Ediciones Júcar.
- Deloche, B. (2003). *El museo virtual*. Gijón: Ediciones Trea, S. L.
- Dentin, S. (1993). O virtual nas ciências. In A. Parente (org.), *Imagem máquina. A era das tecnologias do virtual* (3ª ed., pp. 133-143). São Paulo: Editora 34.
- Dery, M. (1998). Velocidad de escape: la cibercultura en el final del siglo.
- Devine, J., Hansen, C. C. (2003). SHADE Smithsonian-Hunterian Advanced Digital Experiments. *Museums and the Web 2003. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2003/papers/devine/devine.html>>.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: Macmillan.
- Di Blas, N., Guermant, M. P., Orsini, C., Paolini, P. (2002). Evaluating the features of museum Web sites. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/diblas/diblas.html>>.
- Dierking, L. D., Falk, J. H. (1998a). Audience and accessibility. In S. Thomas & A. Mintz (ed.), *The virtual and the real: media and the museum* (pp. 57-70). Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Dierking, L. D., Falk, J. H. (1998b). Understanding free-choice learning: a review of the research and its application to museum Web sites. *Museums and the Web 98 Proceedings*. Archives and Museum Informatics. Dirección URL: http://www.archimuse.com/mw98/papers/dierking/dierking_paper.html>.
- Dimopoulos, K., & Koulaidis, V. (2003). Science and technology education for citizenship: the potential role of the press. *Science Education*, 87(2), 241-256.
- Dodsworth, C. (1999). The evolution of the tools...and the devolution of the users. *The Informal Learning Review*, (36) Dirección URL: <<http://www.informallearning.com/archive/1999-0506-b.htm>>.
- Donovan, K. (1997). The best of the intentions: public access, the Web & the evolution of museum automation. *Museums and the Web 97. Selected papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics.

- Doubler, S. J. (1996). Two-way partnerships: an introduction to SSPs. *Proceedings of The National Conference on Student & Scientist Partnerships*. Georgetown: TERC/Concord Consortium. Dirección URL: <http://www.terc.edu/ssp/conf_rep/ncssp_1/twoway.htm>.
- Douma, J. (1996). 2046: the impact of 50-year trend on science and technology centers. *ASTC Annual Conference*. Pittsburgh.
- Dow, Peter. (2002). Why inquiry? A historical and philosophical commentary. In Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation (ed.), *Inquiry. Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom*. Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation. Dirección URL: <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/ch_1.htm>.
- Downes, S. (2001). Learning objects: resources for distance education worldwide. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 2(1) Dirección URL: <<http://www.irrodl.org/content/v2.1/downes.html>>.
- Drake, T. (2002). E-mail newsletters for the museum and its visitor. *Museums and the Web 2002: Selected papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/drake/drake.html>>.
- Druckrey, T. (ed.) (1996). *Electronic culture: technology and visual representation*. (1ª. ed.). New York: Aperture.
- Duart, J. M., Sangrá. A. (comps.). (2000). *Aprender en la virtualidad*. (1ª. ed.). Barcelona: Gedisa.
- Dumistrescu, C. (1999). *Non formal education*. Strasbourg : Conseil de l'Europe.
- Duncan, C. (2003). Digital repositories: e-learning for everyone. *Learning International*. Edinburgh. Dirección URL: <http://www.intrallect.com/products/intralibrary/papers/learninternational_edin_feb2003.pdf>.
- Duncan, C., Ekmekioglu, C. (2003). Digital libraries and repositories. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Dunwoody, S. (1999). Scientists, journalists and the meaning of uncertainty. In S. M. Friedman, S. Dunwoody & C. L. Rogers (eds.), *Communicating uncertainty: media coverage of new and controversial science* (pp. 59-80). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Durant, J. (ed.). (1992). *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Durant, J. (2000). The Wellcome Wing at the Science Museum, London: a breathtaking theatre of contemporary science. *Museologia. An International Journal of Museology*, 1(1), 43-48.
- Durbin, G. (2003). Using the Web for participation and interactivity. *Museums and the Web 2003: Selected papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2003/papers/durbin/durbin.html>>.
- Durbin, P. T. (2003). Technical knowledge and public discourse. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Dyaz, A. (1998). *Mundo artificial* (1ª ed.). Madrid: Ediciones Tema de Hoy.
- Díaz Noci, J. (1997). Tendencias del periodismo electrónico. Una aproximación a la investigación sobre medios de comunicación en Internet. *Zer*, (2), 35-34. Dirección URL: <<http://www.ehu.es/zer/zer2/gartdiaz.html>>.
- Ebersole, S. (1997). Cognitive issues in the design and development of interactive multimedia: implications for authoring WWW sites. *Interpersonal Computing and Technology: An Electronic Journal for the 21st Century*, 5(1-2) Dirección URL: <<http://jan.ucc.nau.edu/~ipct-j/1997/n2/ebersole.html>>.
- Echeverría, J. (1995). Los cuatro contextos de la actividad científica. In: *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Echeverría, J. (1999). *Los señores del aire: Telópolis y el Tercer Entorno*. (p. 496). Barcelona: Ediciones Destino.
- Echeverría, J. (2000a). Teletecnologías, espacios de interacción y valores. *Teorema*, XVII(3) Dirección URL: <<http://http://www.campus-oei.org/salactsi/teorema01.htm>>.

- Echeverría, J. (2000b). *Un mundo virtual* (1ª. ed.): Nuevas Ediciones de Bolsillo.
- Eco, U. (1986). *La estrategia de la ilusión*. (1ª. ed., p. 382). Barcelona: Editorial Lumen.
- Edelson, D. C. (1997). Realising authentic science learning through the adaptation of scientific practice. In B. J. Fraser & K. Tobin *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer. Dirección URL: <http://www2.covis.nwu.edu/papers/CoVis_PDF/EdelsonHandbook97.pdf>.
- Edelson, D. C., Pea, R. D., Gomez, L. (1996). Constructivism in the collaborative. In B. G. Wilson (ed.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design* (pp. 151-154). Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.
- Eden, B. (2002). Metadata and its applications. *Library Technology Reports*, 38(5), 1-87.
- Edwards, C. (2002). Evaluating European Public Awareness of Science Initiatives. A review of the literature. 7th *International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Cape Town. Dirección URL: <<http://www.saasta.ac.za/pcst/papers/papers/edwards.pdf>>.
- Einsiedel, E. F. (1992). Framing science and technology in the Canadian press. *Public Understanding of Science*, 1(1), 89-102.
- Einsiedel, E. F., Jelsøe, & Breck, T. (2001). Publics at the technology table: the consensus conference in Denmark, Canada and Australia. *Public Understanding of Science*, 10(1), 83-98.
- Endersby, J. (1997). The evolving museum. *Public Understanding of Science*, 6(2), 185-206.
- Enebral, A. M., & González Fera, C. (1991). *Comunicación-información*. Madrid: Fragua.
- Enns, A. (2002). Mediality and mourning in Stanislaw Lem's *Solaris* and *His Master's Voice*. *Science Fiction Studies*, 29(1)
- Epstein, I. (1998). Some differences between guiding principles (ethos) of journalists and scientists. *LAMCR Conference*. Glasgow.
- Epstein, I. (2003). *Divulgação científica, 96 verbetes*. Campinas: Pontes.
- Esteve Ramirez, F. (1999). Áreas de especialización periodística. (p. 330). Madrid: Fragua.
- Evans, W., & Priest, S. H. (1995). Science content and social context. *Public Understanding of Science*, 4(4), 327-340.
- Eveland. (1998). Users and navigation patterns of a science World Wide Web site for the public. *Public Understanding of Science*, (7).
- Falk, J. H. (1993). *Leisure decisions influencing African American use of museums*. Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Falk, J., & Dierking, L. (1992). *The museum experience*. Washington D.C.: Whalesback Books.
- Falk, J. H., Koran Jr., J. J., & Dierking, L. D. (1986). The things of science: assessing the learning potential of science museums. *Science Education*, 70(5), 503-508.
- Farmelo, G. (1992). Drama on the galleries. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science* (pp. 45-49). Londres: Science Museum.
- Farmelo, G., J. Carding (eds.). (1997). *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Fayard, P. (1997). Between growing specialization and community: the historical project of Public Communication of Science & Technology (the case of Europe). *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (8)
- Fayard, P. (1988). *La communication scientifique publique. De la vulgarisation à la médiatisation*. Lyon: Chronique Social.

- Fayard, P. (2001). A revolução da precisão. Conseqüências estratégicas da informação e da comunicação. *XXIV Congresso Brasileiro da Comunicação*. Campo Grande, INTERCOM - Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. Dirección URL: <<http://www.intercom.org.br/papers/xxiv-ci/np08/NP8FAYARD.pdf>>.
- Fayard, P., Arboleda, T. (2001). Presentation of the new ISCOM Web Forum. *ISCOM Spring Session Report*. ISCOM. Dirección URL: <<http://www.ecsite.net/iscom/meet/>>.
- Fayard, P. & Jaques-Gustave, P. (1998). Por una lectura estratégica de la comunicación en situación de crisis. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (10) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num10/articulos.htm>>.
- Feher, E. (1990). Interactive museum exhibits as tools for learning: explorations with light. *International Journal of Science Education*, 12(1), 35-49.
- Feher, E. (1996). Learning inside the head. *ASTC Newsletter*, (May/June).
- Fehlhammer, W. P., & Rathjen, W. (1999). The Deutsches Museum: past, present and future. *Arbor*, CLXIV(647-648), 403-434.
- Fellhammer, W. P. (1997). Contemporary science in science museums - a must. In G. Farmelo, J. Carding *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Fernandez del Moral, J. (1983). Modelos de comunicacion cientifica para una informacion periodistica especializada. (170 p.). Madrid: Dossat.
- Fernández-Rañada, A. (2002). La ciencia en la cultura. *Revista de Occidente*, (248)
- Fernström, M., Bannon, L. (1997). Enabling technology for museum visitors: issues and experiences. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museums Informatics.
- Fernández, G., & Benloch, M. (2000). Exposiciones interactivas: cómo reacciona el público. *Museum International*, 52(208), 53-59.
- Fernández Obregón, F. J. (1998). Especialización, futuro del periodismo. *Revista Latina de Comunicación Social*, (7) Dirección URL: <<http://www.ull.es/publicaciones/latina/a/70obr.htm>>.
- Fisher, S., Tozer, L., Friesen, N., & Roberts, A. (2002). *Metadata Guidelines Version 1.1*. Edmonton: Athabasca University - Edmonton Learning Centre. Dirección URL:<<http://www.cancore.ca/guidelines/Introduction1.1.doc>>.
- Fitzgerald, M. A. (2002). *The Gateway to Educational Materials: An Evaluation Study*.
- Forstch, J. (2000). Models for undergraduate instruction: the potential of modelling & visualization technology in science & math education. *Targeting curricular change: reform in undergraduate education in science, math, engineering, and technology*. Washington, D.C.: American Association for Higher Education. Dirección URL: <<http://www.cae.wisc.edu/~lead/pages/products/AAHE-on-tech.pdf>>.
- Forsén, S. (2002). Interactivity and a "Virtual Biochemistry Laboratory". *Nobel Symposium. Virtual Museum and Public Understanding of Science and Culture*. Estocolmo. Dirección URL: <<http://www.nobel.se/nobel/nobel-foundation/symposia/interdisciplinary/ns120/lectures/forsen.pdf>>.
- Franklin, J. (1998). El fin del periodismo científico. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (11) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num11/011053>>.
- Freeth, M. (1998). Hands online. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/freeth/freeth_paper.html>.
- Friedlander, L. (1998). Models for a new visitor-centered museum: using the Web to create community and continuity for the museum visitor. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/friedlander/friedlander_paper.html>.

- Friedlander, L. (1999). Keeping the virtual social. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/friedlander/friedlander.html>>.
- Friedman, A. & Marshall, E. (2002). TryScience: The potential synergy of multiple-museum Web sites. *Nobel Symposium. Virtual Museums and Public Understanding of Science and Culture*. Estocolmo. Dirección URL: <<http://www.nobel.se/nobel/nobel-foundation/symposia/interdisciplinary/ns120/lectures/friedman.pdf>>.
- Friedman, A. J. (1997). Are science museums and theme parks merging? *The Informal Learning Review*, Dirección URL: <<http://www.informallearning.com/archive/1997-0708-a.htm>>.
- Friedman, A. J. (2000). Creating an academic home for informal science education. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 121-137). Québec: Editions Multimondes.
- Friedman, S. M., Dunwoody, S., & Rogers, C. L. (1999). *Communicating uncertainty. Media coverage of new and controversial science*. Mahwah: Lawrence Earlbaum Associates.
- Friesen, N. (2001). Building a vision for sharing educational objects in Alberta. Dirección URL: <<http://www.careo.org/vision/discussionpaper.pdf>>.
- Frota-Pessoa, O. (2000). José Reis, o divulgador da ciência. In G. Kreiz & C. Pavan (org.), *Os donos da paisagem. Estudos sobre divulgação científica* (1ª. ed., v. 3pp. 179-185). São Paulo: Núcleo José Reis de Divulgação Científica - ECA/USP.
- Fulker, D., Janée, G. (2002). Components of an NSDL architecture. Technical scope and functional model. *ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries JCDL 2002*. Portland. Dirección URL: <<http://www.alexandria.ucsb.edu/~gjanee/archive/2002/fulker-janee-paper.pdf>>.
- Futers, K. (1997). Tell me what you want, what you really, really want: a look at Internet user needs. *Proceedings Electronic Imaging and Visual Arts, EVA*. Paris.
- Mantea, G., Blade, R. (1995). Glosario de terminología de la realidad virtual. *International Journal of Virtual Reality*, 1(2)
- Gabbard, J. L., Hix, D., & Swan II, J. E. (1999). User-centered design and evaluation of virtual environments. *IEEE Computer Graphics and Applications*, (November/December). Dirección URL: <<http://iwb.sv.vt.edu/publications/cga99.pdf>>.
- Gaddis, B. (2000). Learning in a virtual lab: distance education and computer simulations. University of Colorado.
- Gaia, G. (1999). Promoting a museum Website on the Net. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archive & Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/gaia/gaia.html>>.
- Gaia, G. (2000). Web sponsorships: how museums and private companies can play together on a new playground. *Museums and the Web 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/gaia/gaia.html>>.
- Galani, A. (2000). *The Internet: a marketing opportunity for the Greek independent museums*. University of Leicester: Master thesis - Museum studies. Dirección URL: <<http://www.dcs.gla.ac.uk/~areti/thesis.pdf>>.
- Galani, A., & Chalmers, M. (2002). Can you see me? Exploring co-visiting between physical and virtual visitors. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/galani/galani.html>>.
- Gammon, B. (2001). *Assessing learning in museum environments. A practical guide for museum evaluators*.
- García Carrasco, J. (1988). Agentes de la educación formal, no formal e informal. *Symposium Internacional de Filosofía de l'Educació*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- García Carrasco, J. (2001). *Materiales con los que la mente opera en la zona de construcción del conocimiento*. Manuscrito en preparación.

- García Carrasco, J., & García del Dujo, A. (1996). *Teoría de la Educación*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- García Carrasco, J., Sánchez Gómez, M. C., Pérez, M. A., & Rodríguez, B. (2002). Evaluar en la red. *Revista Teoría de la Educación*, 3 Dirección URL: <http://www3.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_03/n3_art_sanchez-rodriguez.htm>.
- Gardella, J. (2002). Promises to keep: making branding work for science centers. *ASTC Newsletter* (May/June 2002).
- Gardner, H. (1983). *Frames of the mind. The theory of multiple intelligences*. Basic Books.
- Gascoigne, T., & Metcalfe, J. (2001). Why do governments spend money on national programs of science awareness? *7th International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Ginebra. Dirección URL: <<http://visitservice.web.cern.ch/VisitsService/pcst2001/proc/Gascoigne.doc>>.
- Gaspar, A. (1993). *Museus e centros de ciência. Conceituação e proposta de um referencial teórico*. São Paulo: Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação. Dirección URL: <<http://www.cciencia.ufrj.br/Publicacoes/Dissertacoes/gaspar-tese.PDF>>.
- Gaus, O., Wildt, J. (1998). Science without audience? *5th International Conference on Public Communication of Science and Technology*. Berlín. Dirección URL: <http://www.fu-berlin.de/pcst98/Paper_pdf/wildt_gaus.pdf>.
- Gerrard, R. (1998). With all this IT, are we doing our job better? *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/gerrard/gerrard_paper.html>.
- Getchell, P., & LaKind D. (2000). Zero to a million \$ in one year flat. *Museums and the Web 2001: Selected Papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/getchell/getchell.html>>.
- Giannoulis, G. C. M., Kamarinos, G. S., Roussou, M., Trahanias, P., Argyros, A., Tsakiris, D. *et al.* (2001). Enhancing museum visitor access through robotic avatars connected to the web. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/giannoulis/giannoulis.html>>.
- Gibbons, A. S., Nelson, J. (2000). The nature and origin of instructional objects. In D. A. Wiley (ed.), *The instructional use of learning objects: online version*. Dirección URL: <<http://reusability.org/read/chapters/gibbons.doc>>.
- Giddens, A. (1997). *The consequences of modernity*. Polity Press.
- Gil Pérez, D. (1998). El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, (18) Dirección URL: <<http://www.campus-oei.org/oeivirt/rie18a03.htm>>.
- Gil Pérez, D., Vilches, A. (2002). La percepción pública de la ciencia y la tecnología: una preocupación central en la educación ciudadana. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Gillian, T. (1997). Developing partnerships for the display of contemporary science and technology. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Giordan, A. (2000). Rethinking the conception an the place of the museum through the new ideas about understanding and learning. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 225-252). Québec: Editions Multimondes.
- Godin, B., & Gingras, Y. (2000). What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model. *Public Understanding of Science*, 9(1), 43-58.
- Goldman, K. H., & Wadman, M. (2002). There´s something happening here, what it is ain´t exactly clear. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/haleyGoldman/haleygoldman.html>>.

- Gomes, I. M. (1999). Divulgação científica e mídia digital. *XII Congresso Brasileiro de Comunicação*. INTERCOM - Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. Dirección URL: <<http://www.intercom.org.br/papers/xxii-ci/gt11/11g08.PDF>>.
- Gomes, I. M. (2000). Tipologia de eventos de divulgação científica: uma proposta. *XXIII Congresso Brasileiro de Comunicação*. INTERCOM - Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. Dirección URL: <<http://www.intercom.org.br/papers/xxiii-ci/gt11/gt11a6.pdf>>.
- González García, M. I., López Cerezo, J. A., & Luján López, J. L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- González Bedia, M. (2002). El problema de la divulgación científica: la ciencia naïve. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Goodell, R. (1977). *The visible scientists*. Boston: Little, Brown.
- Gordin, D. N., Edelson, & D. C., Gomez, L. (1996). Scientific visualization as an interpretive and expressive medium. *Proceedings of the International Conference on the Learning Sciences*. Evanston, Charlottesville. Dirección URL: <http://www2.covis.nwu.edu/papers/CoVis_PDF/GordinICLS96.pdf>.
- Gräber, W. (1999). Scientific literacy: from theory to practice. *Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A). Research in Science Education: Past, present and future*. Dirección URL: <<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/esera/book/s194-gra.pdf>>.
- Graham, J., & Gammon B. (1999). Putting learning at the heart of exhibition development. In E. Scanlon (ed.), *Communicating science* (v. 1ª). Londres: Routledge - Open University.
- Gregory, J., & Miller, S. (1998). *Science in public. Communication, culture and credibility*. New York: Perseus Publishing.
- Gregory, R. (1989). Turning minds-on science to science by hands-on exploration: the nature and potential of the hands-on medium. In M. Quin (ed.), *Sharing science: issues in the development of interactive science and technology centers*. Londres: Nuffield Foundation - Committee on the Public Understanding of Science (COPUS).
- Griffin, J. (1999). Finding evidences of learning in museum settings. In E. Scanlon (ed.), *Communicating science* (v. 1a). Londres: Routledge - Open University.
- Griffiths, D., & Garcia, R. (2003). Commentary on combining re-usable learning resources to pedagogical purposeful units of learning. *Journal of Interactive Media in Education*, (Special Issue on Reusing Online Resources) Dirección URL: <<http://www-jime.open.ac.uk/2003/1/reuse-07.html>>.
- Gros, B. (2000). *El ordenador invisible: hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza*. (1ª. ed.). Barcelona: Gedisa.
- Gross, P. R., & Levitt, N. (1998). *Higher superstition. The academic left and its quarrels with science*. Baltimore: John Hopkins.
- Gubern, R. (1999). *Del bisonte a la realidad virtual: la escena y el laberinto*. (2ª. ed.). Barcelona: Editorial Anagrama.
- Guédon, J. C. (1996). Electronic academic journals. From disciplines to seminars? In T. M. Harrison, T. Stephen (eds.), *Computer networking and scholarly communication in the twenty-first-century university* (pp. 335-350). State University of New York Press.
- Guédon, J. C. (1996). The Seminar, the Encyclopedia and the Eco-Museum as possible future forms of electronic publishing. In R. P. Peek & G. B. Newby (eds.), *Scholarly publishing: the electronic frontier* (pp. 71-89). MIT Press.
- Guichard, J. (2000). Scientific and technical museology for children. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 253-308). Québec: Editions Multimondes.
- Guralnick, R. P. (1997). Bridging the gap between research and education: the future of the network technology in the sciences and science museums. *Museums and the Web 97. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.

- Hackmann, W. (1992). "Wonders in one close shut": the educational potential of history of science museums. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Hamburger, E. W. (2000). A popularização da ciência no Brasil. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 31-40). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Harasim, L., Hiltz, S. R., Turoff, M., & Teles, L. (2000). *Redes de aprendizagem. Guía para la enseñanza y el aprendizaje en la red*. Barcelona: Gedisa.
- Hargreaves, I., Lewis, J., & Speers, T. (2000). *Towards a better map: science, the public and the media*. Economic and Social Research Council. Dirección URL: <<http://www.esrc.ac.uk/esrccontent/DownloadDocs/Mapdocfinal.pdf>>.
- Harlen, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.
- Harmon, & Reeves. (1998). *Educational WWW sites evaluation instrument*.
- Harnad, S. (1991). Post-Gutenberg Galaxy: the fourth revolution in the means of production of knowledge. *The Public-Access Computer Systems Review*, 2(1), 39-53. Dirección URL: <<http://info.lib.uh.edu/pr/v2/n1/harnad.2n1>>.
- Hatala, M., Richards, G. (2002). Global vs. community metadata standards. Empowering users for knowledge exchange. *Systems Sixth International Symposium on Wearable Computers - IC5W 2002*. Seattle. Dirección URL: <<http://www.edusplash.net/upload/sw-hatala-richards-final.pdf>>.
- Hawkey, R. (1999). Learning from objects on-line: virtue and reality. *British Journal of Educational Technology*, 30(1), 73-77.
- Hawkey, R. (2001). The science of nature and the nature of science: Natural History museums on-line. *Electronic Journal of Science Education*, 5(4) Dirección URL: <<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev5n4.html>>.
- Hawkey, R. (2002). Sistematically speaking: how do natural history museum web sites represent science? *Museums and the Web 2002*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/hawkey/hawkey.html>>.
- Hawkins, D. (1978). Critical barriers to science learning. *Outlook*, (29), 3-23. Dirección URL: <<http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/museumeducation/criticalbarriers.html>>.
- Hazan, S. (1997). The virtual museum. *The Israel Museum Journal*, XV(Summer) Dirección URL: <<http://www.shazan.com/read/journal.html>>.
- Hazan, S. (1999). Linking and thinking - The Museum@School. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/hazan/hazan.html>>.
- Hazan, S. (2000). Portal of curiosities. *ESRC Research Seminar - Museums and Society*. University of Leicester, Leicester. Dirección URL: <<http://www.shazan.com/read/portals.html>>.
- Hazan, S. (2001). The virtual aura - is there a space for enchantment in a technological world? *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/hazan/hazan.html>>.
- Heim, M. (1993). *The metaphysics of virtual reality*. New York: Oxford University Press.
- Heim, M. (1998). *Virtual realism*. New York: Oxford University Press.
- Hein, G. E. (1998). *Learning in the museum*. Londres: Routledge.

- Hein, G. E., & Lee, S. (2000). Assessment of science inquiry. In Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation (ed.), *Inquiry. Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom*. In Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation. Dirección URL: <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/ch_12.htm>.
- Helfrich, P. M. (2000). Building on-ramps to the information superhighway. Designing, implementing, and using local museum infrastructure. In B. Schiele & E. H. Koster (Ed.), *Science Centers for this Century* (pp. 87-123). Québec: Editions Multimondes.
- Hemmings, T., Randall, D., Francis, D., & Mar, L. (1997). Situated knowledge and the virtual science and industry museum. *Museums and the Web 99. Selected Papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Henriksen, E. K., & Frøyland, M. (2000). The contribution of museums to scientific literacy: views from audience and museum professionals. *Public Understanding of Science*, 9(4), 393-415.
- Herbert, B. E. (1998). Assessment of Web-Based instructional materials. *Working Group for the Assessment and Dissemination of Web-Based Educational Materials in the Earth Sciences, The Center for Distance Learning Research*. Texas A&M University. Dirección URL: <<http://trex.tamu.edu/faculty/herbert/98Golden/assessment.htm>>.
- Hermann, G. (1999). Exploring narrative: telling stories and making connections. *Museums and the Web 99: Selected Papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/hermann/hermann.html>>.
- Hilera, J. R., Otón, S., & Martínez, J. (1999). Aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza a través de Internet. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, (8) Dirección URL: <<http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/hilera-oton.html>>.
- Hillis, K. (1999). Digital sensations: space, identity, and embodiment in virtual reality. (p. 271). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Hitzeman, J., Oberlander, J. (1997). Dynamic generation of museum Web pages: the Intelligent Labelling Explorer. *Museums and the Web 97. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Hoda, S. (1993). Technology refusal and organizational culture of schools. *Education Policy Analysis Archives*, 1(10) Dirección URL: <<http://epaa.asu.edu/epaa/v1n10.html>>.
- Hodge, R., D'Souza, W. (1994). The museum as a communicator: a semiotic analysis of the Western Australian Museum Aboriginal Gallery, Perth. & E. Hooper-Greenhil (ed.), *The educational role of the museum* (pp. 37-46). Londres: Routledge.
- Hodgins, H. W. (2002). *The future of learning objects*. Dirección URL: <<http://www.coe.gatech.edu/eTEE/pdfs/Hodgins.pdf>>.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*, (28), 87-112.
- Holton, G. (1998). *Einstein y otras pasiones* (1ª. ed.). Madrid: Taurus Ediciones.
- Honeyman, B. (1996). Science centres and the World Wide Web. *Proceedings of the 3rd International Interactive Multimedia Symposium*. Perth, Canning Bridge: Promaco Conventions. Dirección URL: <<http://cleo.murdoch.edu.au/gen/aset/confs/iims/96/ek/honeyman.html>>.
- Hooper-Greenhil, E. (1994). *The educational role of the museum*. Londres: Routledge.
- Hoptman, G. H. (1992). *The virtual museum and related epistemological concerns*. In E. Barrett (ed.), *Multimedia, Hypermedia and the Social Construction of Knowledge* (pp. 141-159). Cambridge, Mass.: MIT- Press.
- Horgan, J. (1998). *El fin de la ciencia: los límites del conocimiento en el declive de la era científica*. Barcelona: Paidós Ibérica.

- House of Lords. (2000). *Science and Society. Third report of the select Committee on Science and Technology* Londres: The Stationery Office. Dirección URL: <<http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/ld199900/ldselect/ldsctech/38/3804.htm>>.
- Hoyos, N. E. (2001a). Maloka Virtual: una herramienta de apoyo a la educación formal desde la no formal. *Eduteka* (Octubre). Dirección URL: <<http://www.eduteka.org/reportaje.php3?ReportID=0006>>.
- Hoyos, N. E. (2001b). Nuevo centro de ciencia en Colombia. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 59-70). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Hsin Hsin, L. (1998). Conceptualizing a digital media museum. *Museums and the Web 1998. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/lin/lin_paper.html>.
- Huberman, M. (1999). The mind is its own place: the influence of sustained interactivity with practitioners on educational researchers. *Harvard Educational Review*, 69(3), 289-319.
- Huffman, L. C., Earls, J. E., & Wood, L. M. (1998). Museum in the classroom: integrating museum artifacts and technology. *Museums and the Web 1998. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/huffman/huffman_paper.html>.
- Ianella, R., & Riggs, P. (2003). *Driving content management with Digital Rights Management*. IPR Systems. Dirección URL: <<http://www.iprsystems.com.au/whitepapers/CM-DRM-WP.pdf>>.
- ICOM - CIDOC Multimedia Working Group. (1995). *Introduction to multimedia in museums*. Dirección URL: <<http://www.rkd.nl/pblctns/mmwg/home.htm>>.
- IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2002). *Draft Standard for Learning Object Metadata*. Piscataway: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. (ERIC Document Reproduction Service No. IEEE 1484.12.1-2002). Dirección URL: <http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>.
- IMS (2001a). *IMS Learning resource meta-data best practice and implementation guide* (v.1.2.1. ed.). Dirección URL: <<http://www.imsproject.org/metadata/mdbestv1p1.html>>.
- IMS (2001b). *IMS Learning resource meta-data information model* (v.1.2.1. ed.). Dirección URL: <http://www.imsglobal.org/metadata/imsmdv1p2p1/imsmd_infov1p2p1.html>.
- IMS (2003a). *IMS Content packaging information model* (v.1.1.3. Final Specification ed.). Dirección URL: <http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p3/ims_cp_infov1p1p3.html>.
- IMS (2003b). *IMS Digital repositories interoperability - core functions information model* (v.1.0 Final Specification). Dirección URL: <http://www.imsglobal.org/digitalrepositories/driv1p0/imsdri_infov1p0.html>.
- Instituto Nacional de Estadística – INE (2003). *Encuesta de tecnologías de la información en los hogares 2003*. Dirección URL: <<http://www.ine.es/prensa/np310.pdf>>.
- International Organization for Standardization - ISO. (2004). *Introduction to ISO*. Dirección URL: <<http://www.iso.ch/iso/en/aboutiso/introduction/index.html>>.
- International Technology Education Association (ITEA). (2000). *Standards for Technological Literacy*.
- Inverness Research Associates. (1996). *An invisible infrastructure: institutions of informal science education*. Washington, D.C.: Association of Science-Technology Centers. Dirección URL: <<http://www.astc.org/resource/educator/invisexe.htm>>.
- Ip, A., & Canale, R. (1996). A model for authoring virtual experiments in web-based courses. *ASCILITE*. Adelaide. Dirección URL: <<http://www.ascilite.org.au/conferences/adelaide96/papers/36.html>>.
- Irwin, A. (2001). Constructing the scientific citizen: science and democracy in the biosciences. *Public Understanding of Science*, 10, 1-18.

- Ishii, K., & Lutterbeck, B. (2001). Unexploited resources of online education for democracy. Why the future should belong to OpenCourseWare. *First Monday*, 6(11) Dirección URL: <http://www.firstmonday.dk/issues/issue6_11/ishii/>.
- Ivic, I. (1989). Social interaction: social or interpersonal relationship. *Conferencia Annuale de la Asociazione Psicologia Italiana*. Trieste.
- Izuwa, M. (1984). A prática do jornalismo científico no Brasil. *Comunicação e Sociedade*, VII(11)
- Jackson, R. (1997). The virtual visit: towards a new concept for the electronic science centre. In F. Graham & J. Carding (eds.) *Here and now. Contemporary science and technology in museum and science centres*. Science Museum, Londres: Science Museum.
- Jackson, R. (1998a). Beyond 2000: science education for the future. *Liberty Magazine*, Dirección URL: <<http://atschool.eduweb.co.uk/jackson/liberty.htm>>.
- Jackson, R. (1998b). Using the Web to change the relation between a museum and its users. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Jackson, R., & Bazley, M. (1997). Science education and the Internet: cutting through the hype. *School Science Review*, 79(297), 41-44. Dirección URL: <<http://www.rmplc.co.uk/eduweb/sites/jackson/ssr.htm>>.
- Jackson, R., Bazley, M., Patten, D., & King, M. (2002). Using the Web to change the relation between a museum and its users. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/jackson/jackson_paper.html>.
- Jackson, R., Blazey, M., Clark, L., Elinich, & K., Bottaro, B. (2001). Online Museum Educators: end users as interpreters. *mda Conference 2001*. University of East Anglia. Dirección URL: <<http://www.mda.org.uk/conference2001/pub12.htm>>.
- Jacobi, D. (2000). Written scientific communication - from magazines to texts displayed in museums. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 335-361). Québec: Editions Multimondes.
- Jacobson, I., Booch, G., & Rumbaugh, J. (2000). *El proceso unificado de desarrollo de software*. Madrid: Pearson Educación.
- Jakobson, R. (1992). *On linguistic aspects of translation*. Chicago: University of Chicago Press.
- Jonhson, D. (2000). Selling more without selling out: museum merchandising that supports a museum's mission. *Museums and the Web 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/johnsondean/johnsondean.html>>.
- Johnson, D., Wolcott, D. & Johnson, R. T. (1991). *Learning together and alone: cooperative, competitive, and individualistic learning*. (3ª. ed.). Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Johnston, W. E., & Agarwal, D. (1995). *The virtual laboratory: using networks to enable widely distributed collaboratory science*. National Science Foundation.
- Joss, S., & Durant, J. (1995). The UK National Consensus Conference on Plant Biotechnology. *Public Understanding of Science*, 4, 195-204.
- Julve, E. (1999). Periodismo científico y técnico. Rasgos que lo definen y fiabilidad de la noticia. *VI Congreso Iberoamericano de Periodismo Especializado y Técnico (CIPET)*. Barcelona. Dirección URL: <<http://www.intercom.es/aipet/ponen/periodis.html>>.
- Jung, I., & Broumley, L. (2003). Acomparision of issues in reuse of resources in schools and colleges. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Jupiter Media Metrix (2002). *Consumer interest in getting broadband bits all-time high, reports Jupiter Media Metrix*. (23/04/2002) Dirección URL: <http://www.jmm.com/xp/jmm/press/2002/pr_042302.xml>.
- Jurberg, C. (2000). *Ciência ao alcance de todos: experiências de educação a distância em jornalismo científico*. Tesis de doctorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Dirección URL: <http://www.ciencia.ufrj.br/Publicacoes/Dissertacoes/jurberg_tese.PDF>.

- Kahn, B. (1997). Web-based instruction (WBI): what is it and why is it? In B. Kahn (ed.), *Web-based instruction* (pp. 5-18). Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.
- Kamthan, P. (1999). *Java applets in Education*. Dirección URL: <<http://tech.irt.org/articles/js151/>>.
- Kanter, N. (1999). Live Web broadcasting. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/kanter/kanter.html>>.
- Karp, C. (1999). Echar raíces en Internet: establecer una identidad para la comunidad de museos en la Red. *Museum International*, 51(4), 8-13.
- Karp, C. (2001). A top level museum domain for museums. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/hamma/hamma.html>>.
- Kenderdine, S. (1999). Inside the meta-center: a cabinet of wonder. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/kenderdine/kenderdine.html>>.
- Kluger-Bell, B. (2000). Recognizing inquiry: comparing three hands-on teaching techniques. In Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation (ed.), *Inquiry. Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom*. Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation. Dirección URL: <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/ch_6.htm>.
- Knowles, M. (1980). *The modern practice of adult education*. Chicago: Association Press.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Koper, R. (2003). Combining re-usable learning resources to pedagogical purposeful units of learning. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Koper, R. (2001). *Modelling units of study from a pedagogical perspective: the pedagogical meta-model behind EML*. IMS Learning Design Working Group. Dirección URL: <<http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf>>.
- Kornblut, D. (2000). Online primetime: promoting portals and other traffic building tricks. *Museum and the Web 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/kornblut/kornblut.html>>.
- Korteweg, L., Trofanenko, B. (2002). Learning by design: teachers / museums / technology. *Museums and the Web 2002*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/korteweg/korteweg.html>>.
- Koshizuka, N. (s.d). Data input technologies. In VV.AA. *Digital Museum*. The University Museum - The University of Tokio. Dirección URL: <http://www.um.u-tokyo.ac.jp/dm2k-umdb/publish_db/books/dm2000/english/01/01-03.html>.
- Koster, E. H. (2000). Science centers as an evolving public service. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 165-186). Québec: Editions Multimondes.
- Koutlis, M. (1998). Designing educational components. *EOE Newsletter*, 2(1) Dirección URL: <<http://www.eoe.org/FMPro?-db=Objects.fp3&-token=libraryPapers&-format=/library/paperdetail.htm&-recid=35192&-lay=all&-Find>>.
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61, 179-211.
- Kravchyna, V. H. S. K. (2002). Informational value of museum Web sites. *First Monday*, 2(7) Dirección URL: <http://www.firstmonday.dk/issues/issue7_2/kravchyna/>.
- Kreimer, P. (1998). Publicar y castigar. El paper como problema y la dinámica de los campos científicos. *REDES*, 5(12), 51-73.

- Kreinz, G. & Pawan, C. (org.). (2000). *Os donos da paisagem. Estudos sobre divulgação científica*. São Paulo: Publicações Núcleo José Reis de Divulgação Científica.
- Kreinz, G. (2000). Teoria e prática da divulgação científica. In G. Kreinz, C. Pawan (org.), *Os donos da paisagem. Estudos sobre divulgação científica* (1ª. ed., v. 3pp. 71-109). São Paulo: Núcleo José Reis de Divulgação Científica - ECA/USP.
- Kydd, S., & MacKenzie, D. (1997). Going on-line: moving multimedia exhibits onto the Web. *Museums and the Web 97. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Lacota, R. (1976). Good exhibits on purpose: techniques to improve exhibit effectiveness. Royal Ontario Museum *Communicating with the museum visitor*. Toronto.
- Lagoze, C., Hoehn, W., Millman, D., Arms, W., Gan, S., Hillman, D. et al. (2002). Core services in the architecture of the National Digital Library for Science Education (NSDL). *Proceedings of the Second ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries*. Portland. Dirección URL: <http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=544264&type=pdf&coll=portal&dl=ACM&CFID=17416419&CFTOKEN=73035916>.
- Lambourne, R. (1999). Science fiction and the communication of science. In E. Scanlon (ed.), *Communicating science* (v. 1a). Londres: Routledge - Open University.
- Lane, E. O. N. (2000). *Public participation in technological decision-making. A bibliometric study*.
- Latour, B. (1987). *Science in action*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Le Marec, J. (2000). A review of the relationship between the museum and its visitors. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 493-510). Québec: Editions Multimondes.
- Learn NC - North Carolina Teacher's Network. (s.d). *Publication standards: lesson plans*. Dirección URL: <<http://www.learnnc.org/learnnc/lessonp.nsf/doc/collectionpolicy2>>.
- Leinhardt, G., & Crowley, K. (2002). Objects of learning, objects of talk: changing minds in museum. In S. Paris (ed.), *Multiple perspectives on children's object-centered learning*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lem, S. (1977). *Phantastik und futurologie*. Frankfurt am Main: Insel.
- Levis Czernik, D. (1996). *Realidades inmateriales: comunicación digital, realidad virtual y transformacin social*. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Lévy-Leblond, J.-M. (2003). Two cultures = no culture. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Lewenstein, B. V. (2000). Scientists and communicators: the role of books. *6th International Conference on Public Communication of Science & Technology - Trends in Science Communication today: bridging the gap between Theory and Practice*. Ginebra. Dirección URL: <http://visitservice.web.cern.ch/VisitsService/pcst2001/proc/Lewenstein_plenary.ppt>.
- Lewenstein, B. V. (2001). Who produces science information for the public? In J. Falk (ed.), *Free-choice science education: how we learn science outside of school* (pp. 21-43). New York: Teachers College Press of Columbia University.
- Lewenstein, B. V., & Allison-Bunnell, S. (2000). Creating knowledge in science museums: serving both public and scientific communities. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 187-208). Québec: Editions Multimondes.
- Lewis, B. N. (1980). The museum in an educational facility. *Museums Journal*, 3(80), 151-155.
- Lewis, L. (1997). At Home in the Heartland Online: forming a museum/school resource via the Web. *Museums and the Web 97. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- León, A. (1998). *El museo. Teoría, praxis y utopía*. (4ª. ed., p. 384). Madrid: Ediciones Cátedra.

- Liber, O., & Olivier, B. (2003). Learning technology interoperability standards. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Lins de Barros, H. (2001). The role of museums of science in the technological age. *Museologia. An International Journal of Museology*, 2(1)
- Littlejohn, A. (2003). Issues in reusing online resources. *Journal of Interactive Media in Education*, (1)
- Livingston-Vale, & K., Long, P. (2003). Models for open learning. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Llash, S., & Urry, J. (1994). *Economics of sign and space*. Londres: Sage.
- López Cerezo, J. A., Méndez Sanz, J. A., & Todt, O. (1998). Participación pública en política tecnológica - problemas y perspectivas. *Arbor*, CLIX(627), 279-308.
- López Cerezo, J. A. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana De Educación*, 18, 41-68. Dirección URL: <<http://www.campus-oei.org/oeivirt/rie18a02.htm>>.
- Lorsbach, A., & Tobin, K. (1992). Constructivism as a referent for science teaching. *Research Matters to the Science Teacher*. ASTC. Dirección URL: <<http://www.astc.org/resource/educator/construct.htm>>.
- Lourenço, M. (2000). *Museus de ciência e técnica*. Tesis de doctorado, Universidade Nova de Lisboa.
- Lowenthal, D. (1997). Paradise and Pandora's box: why science museums must be both. In F. Graham & J. Carding *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Luarca, N., Rochester, & A., Cunningham, C. (2000). Chicago Webdocent: Web-based curriculum from multiple museums. *Museums and the Web 2000. SeMuseums and t. he Web 2001*, Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/luarca/luarca.html>>.
- Lunetta, V. N., & Hofstein, A. (1981). Simulations in science education. *Science Education*, 65(3), 243-252.
- Luz, R. (1993). Novas imagens: efeitos e modelos. In A. Parente (org.), *Imagem máquina. A era das tecnologias do virtual* (3ª ed., pp. 49-55). São Paulo: Editora 34.
- Luzón, V. (2000). Periodista digital: de MacLuhan a Negroponte. *Revista Latina de Comunicación Social*, 34 Dirección URL: <<http://www.ull.es/publicaciones/latina/aa2000kjl/w34oc/49s6luzon.htm>>.
- Lévy, P. (1999). *¿Qué es lo virtual?* Barcelona: Paidós.
- López de Villa, C. (1989). La especialización en el periodismo. *Periodistas*, (27)
- MacDonald, G. (1992). Change and challenge: museums in the information society. In I. Karp (ed.), *Museums and Communications - The Politics of Public Culture*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- MacDonald, G., & Alsford, S. (1991). The museum as information utility. *Museum Management and Curatorship*, 10, 306-307. Dirección URL: <theather>.
- Macdonald, S., & Silverstone, R. (1992). Science on display: the representation of scientific controversy in museum exhibitions. *Public Understanding of Science*, 1(1), 69-88.
- Macedo-Rouet, M., Rouet, J.-F., Fayard, P., Epstein, I. (2002). Reading and understanding a science report through paper and hypertext. *7th International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Cape Town. Dirección URL: <<http://www.saasta.ac.za/pcst/papers/papers/macedo-rouet.pdf>>.
- Maciel, B. (2002). *Mulher e ciência: questões e problemas da inserção feminina na pesquisa científica identificados pela "agenda setting" de dois periódicos científicos internacionais*. Tesis de doctorado. São Bernardo do Campo: UMESP-Universidade Metodista de São Paulo.
- MacKenzie, D. (1997). What is the role of the artefact in a virtual museum? *Spectra*, Dirección URL: <<http://www.dmcsoft.com/tamh/papers/dmspect.php>>.

- Maldonado, T. (1994). *Reale y virtuale* (1ª. ed.). Barcelona: Editorial Gedisa.
- Maldonado, T. (1998). *Crítica de la razón informática*. Barcelona: Paidós.
- Mandel, A., Simon, I., & de Lyra, J. L. (1997). Informação: computação e comunicação. *Revista USP*, (35) Dirección URL: <<http://www.usp.br/geral/infousp/imre/imre.htm>>.
- Mannix, M. (2000). The virtues of virtual labs. *Prism Online*. Dirección URL: <<http://www.asee.org/prism/sept00/html/toolbox.cfm>>.
- Marable, B. (1999). Once upon a time: using new narratives in educational Web sites. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/marable/marable.html>>.
- Marandino, M. (2001). The scientific museums of the University of São Paulo, Brazil, and their search for an identity. *Museologia*, 1(2)
- MarcoPolo. (s.d.). About MarcoPolo. Dirección URL: <http://www.marcopolo-education.org/about/about_index.aspx>.
- Marques de Melo, J. (1982). *El periodismo científico: misiones y objetivos*. Barcelona: Mitre.
- Marques de Melo, J. (1992). *Teoria da divulgação científica*. São Paulo: NJR/ECA/USP.
- Marques, G. C., Nunes, & C. A. A. (2001). Ensino a distância - o uso da Internet como apoio. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 221-235). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Marsh, C. (1996). Visitors as learners the role of emotions. *ASTC Newsletter*, Dirección URL: <<http://www.astc.org/resource/learning/marsh.htm>>.
- Marsh, E. J., & Kumar, D. D. (1992). Hypermedia: a conceptual framework for science education and review of recent findings. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1(1), 25-37.
- Martin, B., & Richards, E. (1995). Scientific knowledge, controversy and public decision-making. In S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen & T. Pinch (eds.), *Handbook of science and technology studies*. Newbury Park: Sage. Dirección URL: <<http://www.uow.edu.au/arts/sts/bmartin/pubs/95handbook.html>>.
- Martin Municio, A. (2003). Ambos son una cultura. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Martinez, M. (2000). Designing learning objects to personalize learning. In D. A. Wiley (ed.), *The instructional use of learning objects: online version*. Dirección URL: <<http://reusability.org/read/chapters/martinez.doc>>.
- Martín Díaz, M. J. (2002). Enseñanza de las ciencias ¿Para qué? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2) Dirección URL: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero2/Art1.pdf>>.
- Maslow, A. (1954). *Hierarchy of human needs*. (3ª ed.). New York: Harper and Row.
- Massanero, M. A., Vázquez Alonso, A., & Acevedo, J. A. (2002). Opiniones sobre la influencia de la ciencia en la cultura. *Didáctica De Las Ciencias Experimentales y Sociales*, (16), 35-55. Dirección URL: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo17.htm>>.
- Massey, W. (1999). Science for all citizens. Setting the stage for lifelong learning. In E. Scanlon & E. Whitelegg, S. Yates (eds.), *Communicating science: contexts and channels* (v. Reader 2pp. 51-61). Londres: Routledge - Open University.
- Matsukuma, M., Leite, I. O. (2001). Divulgação científica da Estação Ciência pela Internet. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 475-478). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- McComb, M., & Shaw, D. (1972). The agenda-setting function of mass media. *Public Opinion Quarterly*, (36), 176-187.

- McKenzie, Jamie. (1997). Building a virtual museum community. *Museums and the Web 99. Selected Papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics.
- McLaughlin, M. L., Hespanha, J., Ortega & A., Medioni, G. (2000). The haptic museum. *Conference on Electronic Imaging an the Visual Arts - Eva 2000*. Florencia.
- McLean, F. (1997). *Marketing the museum*. Londres: Routledge.
- McLean, N. (2001). Interoperability convergence of online learning and information environments. *New Review of Information Networking*, 7 Dirección URL: <http://www.colis.mq.edu.au/news_archives/convergence.pdf>.
- McManus, P. M. (1992). Topics in museum and science education. *Studies in Science Education*, 20, 157-182.
- McManus, P. M. (1994). Families in museums. In R. S. Miles & L. Zavala (org.), *Towards the museum of the future. New European perspectives*. Londres: Routledge.
- Medeiros, R. P. (1996). *Ciência e imprensa - A fusão a frio em jornais brasileiros*. Tesis de doctorado, Departamento de Jornalismo e Editoração, Escola de Comunicação e Artes - Universidade de São Paulo, São Paulo. Dirección URL: <http://www.cciencia.ufrj.br/Publicacoes/Dissertacoes/RMedeiros_tese.PDF>.
- Merino, G. (2001). Los diez años de la RED-POP: un ámbito para la interacción y la cooperación. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (v. 661-669). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- MERLOT. (2000). *Evaluation criteria for MERLOT learning materials*. Dirección URL:<http://taste.merlot.org/projects/peer_review/criteria.php>.
- Merril, D. (1991). Constructivism and instructional design. *Educational Tecnology*, (4552)
- Merrin, W. (2003). "Did you ever eat tasty wheat?": Baudrillard and The Matrix. *Scope. An Online Journal of Film Studies*, Dirección URL: <<http://www.nottingham.ac.uk/film/journal/articles/did-you-ever-eat.htm>>.
- Merton, R. (1973). Reconocimiento y excelencia: ambigüedades instructivas. In *La sociología de la ciencia* (v. 2). Madrid: Alianza.
- Metcalfe, J., & Perry, D. (2001). The evaluation of science-based organisations' communication programs. *Australian Science Communicators Conference*. Sidney. Dirección URL: <http://www.econnect.com.au/pdf/comm_prg.pdf>.
- Milekic, S. (1997). Virtual museums: how to make digital information child-friendly? *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Milekic, S. (2002). Towards tangible virtualities: tangialities. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/milekic/milekic.html>>.
- Milekic, S. (2003). The more you look the more you get: intention-based interface using gaze-tracking. *Museums and the Web 2003. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2003/papers/milekic/milekic.html>>.
- Miles, R. S. (1988). *The design of educational exhibits*. Londres: Unwin Hyman.
- Miles, R. (2000). Coming to terms with museum visitors. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 309-334). Québec: Editions Multimondes.
- Miles, R., & Tout, A. (1992). Exhibitions and the public understanding of science. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Millan, J. A. (1998). *De redes y saberes: cultura y educacion en las nuevas tecnologías*. Madrid: Santillana.
- Millar, R. (1991). Why is science hard to learn? *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 66-74.

- Miller, J. The disembodied consciousness of virtuality. *Graduate Student Conference - Department of English, University of British Columbia*. Dirección URL: <<http://www.longhouse.ubc.ca/access/usr/jeffmiller/disembodied.html>>.
- Miller, J., Pardo, R., & Niwa, F. (1998). *Percepciones del público ante la ciencia y la tecnología. Estudio comparativo de la Unión Europea, Estados Unidos y Japón*. Madrid: Fundación BBV / Academia de Ciencias de Chicago.
- Miller, J. D. (2000a). Scientific literacy and citizenship in the 21st century. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 369-413). Québec: Editions Multimondes.
- Miller, S. (2000b). Public understanding of science at the crossroads. *Science communication, education, and the history of science*. Londres. Dirección URL: <<http://www.ucl.ac.uk/sts/bshs2000/papers/miller.doc>>.
- Mintz, A. (1998). Media and museums: a museum perspective. In S. Thomas & A. Mintz (ed.), *The virtual and the real: the media and the museum* (pp. 19-34). Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Miramón, A. S. (1997). Introducción. In M. de Unamuno *Niebla* (1^a ed., revisada en "Biblioteca de Autor" ed.), Madrid: Alizanza Editorial.
- Mitroff, I. I. (1974). Norms and counternorms in a select group of the Apollo moon scientist: a case study of the ambivalence of scientists. *American Sociological Review*, (39), 579-595.
- Molella, A. (1997). The Lemelson Center for the Study of Invention and Innovation: programming in action. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Montpetit, R. (1995). D'exposition d'objets a l'exposition expérience: la muséologie multimédia. *Proceedings of the 62nd Convention of ACFAS Les muséographies multimédias: métamorphose du musée*. Université du Québec à Montréal, Québec: Musée de la civilisation.
- Montpetit, R. (2000). Beyond the "science center", towards a social interpretation of science and technology. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 209-224). Québec: Editions Multimondes.
- Moreno, I. (1997). Multimedia y museos en España. *Cinevideo 20 Multimedia Para Todos*, (137), 6-19. Dirección URL: <<http://www.zyberchema.net/Robotica/museoc.html>>.
- MORI. (2001). *The role of scientists in public debate: research study*. Londres: The Wellcome Trust. Dirección URL:<<http://www.wellcome.ac.uk/en/1/mismiscnesos.html>>.
- Moritsch, O., Krämer, H. (1999). The invisible person: an interactive virtual environment at the Technisches Museum Wien. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/kraemer/kraemer.html>>.
- Morrissey, K., Worts, D. (1998). A place for the muses? Negotiating the place of technology in museums. In S. Thomas & A. Mintz (ed.), *The real and the virtual: the media and the museum* (pp. 147-171). Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Morse, P. M. (1996). Bridging the gaps and increasing the opportunities for student and scientist partnerships. *Proceedings of The National Conference on Student & Scientist Partnerships*. Georgetown: TERC/Concord Consortium. Dirección URL: <http://www.terc.edu/ssp/conf_rep/ncssp_1/bridgap.htm>.
- Morton, A. (1997). Curatorial challenges: contexts, controversies and things. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Morton, O. (1997). Reinventing museums through the information revolution. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Science Museum, Londres: Science Museum.
- Moshman, D. (1982). Exogenous, endogenous and dialectical constructivism. *Developmental Review*, 2, 371-784.
- Mulder, H. A. J. (2001). Improving access to science through Science Shops. *Living Knowledge*, (0).

- Muramatsu, B., & Agogino, A. M. (1999). The National Engineering Education Delivery System. A digital library for engineering education. *D-Lib Magazine*, 5(4) Dirección URL: <<http://www.dlib.org/dlib/april99/muramatsu/04muramatsu.html>>.
- Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. (1997). *Abriendo las puertas de la Ciencia. Guía didáctica*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- National Science Foundation. (1998). *Information technology: its impact on undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology*. Arlington: National Science Foundation, National Science Foundation Directorate for Education and Human Resources Division of Undergraduate Education. Dirección URL:<<http://www.nsf.gov/cgi-bin/getpub?nsf9882>>.
- National Science Foundation. (2000). An introduction to inquiry. In Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources (ed.), *Inquiry. Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom*. Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation. Dirección URL: <<http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/intro.htm>>.
- National Science Foundation. (2002). *Science and engineering indicators 2002*: National Science Board. Dirección URL: <<http://www.nsf.gov/sbe/srs/seind02/start.htm>>.
- NEC Foundation. (1996). *Virtual science education for physically disabled students*. Dirección URL: <<http://www.ori.org/educationvr.html#virtualseience>>.
- Negrette-Yankelevich, A. (2002). Science via narratives. Communicating science through literary forms. 7th *International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Cape Town. Dirección URL: <<http://www.saasta.ac.za/pcst/papers/papers/negrete-yankelevich.pdf>>.
- Negroponte, N. (1996). *El mundo digital*. Barcelona: Ediciones B.
- Nelkin, D. (1995). *Selling science. How the press covers science and technology*. New York: W. H. Freeman and Company.
- NetValue (2002). *Rápida evolución de la conexión a Internet vía banda ancha en España*. (21/08/2002). Dirección URL: <http://es.netvalue.com/presse/index_frame.htm?fichier=cp0035.htm>.
- Neugebauer, J. (2000). Don Quijote, ¿realidad ambigua? *Revista Hispánica*, 1 Dirección URL: <<http://www.dickinson.edu/departments/span/neugebauer.html>>.
- Nevile, L., & McCathie, C. (2001). The virtual ramp to the equivalent experience in the virtual museum: accessibility to museums on the Web. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/nevile/nevile.html>>.
- Nicol, D. (2003). Conceptions of learning objects: social and educational issues. *Journal of Interactive Media in Education*, (Special Issue on Reusing Online Resources)
- Nielsen, J. (1999). *Designing Web usability: the practice of simplicity* (1^a. ed.): New Riders.
- Nix, R. K. (1999). *A critical evaluation of science-related virtual field trips available on the World Wide Web*. Dirección URL: <http://www.dallas.net/~rnix/vft_text.html>.
- Norman, D. A. (1998). *The design of everyday things*. (1^a. ed.). Londres: MIT Press.
- Novak, M. (1991). Liquid architectures in cyberspace. In M. Benedikt (ed), *Cyberspace: First Steps*. Cambridge, MIT Press.
- Núñez, R. (1997). Los centros de divulgación científica en España. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (8) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num%208/articulos.htm#estrella>>.
- O'Kane, C. (2000). *MERLOT Project Report*. Dirección URL:<<http://www.unclt.org/tlt/projects/merlot/merlot0800.pdf>>.

- Office of Science and Technology Policy. (1997). *Science and Technology: Shaping the Twenty-First Century*. Washington, DC: Office of the President. Dirección URL: <<http://clinton3.nara.gov/WH/EOP/OSTP/SNT/title.html>>.
- Oliver, M. (2003). Rethinking the reuse of electronic resources: contexts, power and information literacy. *Journal of Interactive Media in Education*, (Special Issue on Reusing Online Resources) Dirección URL: <[http://www-jime.open.ac.uk/2003/1/](http://www.jime.open.ac.uk/2003/1/)>.
- Oliver, R., & McLoughlin, C. (2003). Pedagogical designs for scaleable and sustainable online Learning. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Olsen, F. (1997). Live interpretation of contemporary science and technology. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Ono, S. (1998). *The World Wide Museum Survey on the Web-Internet Museum*. Dirección URL: <http://www.museum.or.jp/IM_english/f-survey.html>.
- Oppenheimer, F. (1968). A rationale for a science museum. *Curator, noviembre* Dirección URL: <<http://www.exploratorium.edu/general/rationale.html>>.
- Orfinger, B. (1998). Virtual science museums as learning environments: interactions for education. *Informal Learning Review*, 33, 8-13. Dirección URL: <<http://www.informallearning.com/archive/1998-1112-a.htm>>.
- Orlandi, E. P. (2001). Divulgação científica e efeito leitor: uma política social urbana. In E. Guimarães (org.), *Produção e circulação do conhecimento. Estado mídia e sociedade* (v. 1). Campinas: Pontes Editores.
- Ormastroni, M. J. S. (2000). Feiras de ciências. In E. Guimarães (Org.), *Produção e circulação do conhecimento. Estado mídia e sociedade* (v. 1). Campinas: Pontes Editores.
- Orna, E. (2001). The knowing museum. *mda Conference*. University of East Anglia. Dirección URL: <<http://www.mda.org.uk/conference2001/pub41.htm>>.
- Orozco, C. E. (2002). *La comunicación pública de la ciencia: una propuesta sociocultural para su estudio*. Dirección URL: <<http://www.maescom.iteso.mx/articulocarlosorozco.html>>.
- Orrill, C. H. (2000). Learning objects to support inquiry-based learning. In D. A. Wiley (ed.), *The instructional use of learning objects: online version*. Dirección URL: <<http://reusability.org/read/chapters/orrill.doc>>.
- Ortega y Gasset, J. (1997). *Meditaciones sobre la técnica* (1ª ed.). Madrid: Santillana.
- Padilla, J. (2001). Conceptos de museos y centros de ciencia interactivos. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 113-141). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Palazzi, Paolo. (2001). Science centres and the research community. *ISCOM Spring Session Report*. Madrid, ISCOM. Dirección URL: <<http://www.ecsite.net/iscom/meet/>>.
- Paolini, P., Barbieri, T., Loidice, P. A. F., & Zanti, M. (2000). Visiting a museum together: how to share a visit to a virtual world. *Journal of the American Society for Information Science*, 51(1), 33-38.
- Pardo, R., & Calvo, F. (2002). Attitudes towards science among the European public: a methodological analysis. *Public Understanding of Science*, (11), 155-195.
- Paris, S. G. (1999). Museum, education and learning. *The Informal Learning Review*, (April) Dirección URL: <<http://www.informallearning.com/archive/1999-0304-b.htm>>.
- Paris, S. G. (2000). Multiple perspectives on children's object-centered learning. *Multiple Perspectives on Children's Object-Centered Learning*. Ann Arbor, National Science Foundation. Dirección URL: <http://www.nsf.gov/sbe/tcw/events_000121w/events_000121w.pdf>.
- Parry, R. (2002). Virtuality, liminality and the space of the museum. *Mda Information*, 5(5)
- Pastor Homs, M. I. (1992). *El museo y la educación en la comunidad*. Barcelona: Ediciones CEAC.

- Paterno, F., & Mancini, C. (1999). Designing web user interfaces adaptable to different types of use. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/paterno/paterno.html>>.
- Pavan, C. (2000). O desenvolvimento científico no Brasil. In G. Kreinz & C. Pavan (org.), *Os donos da paisagem. Estudos sobre divulgação científica* (1ª. ed., v. 3pp. 111-135). São Paulo: Núcleo José Reis de Divulgação Científica - ECA/USP.
- Pea, R. D., Tinker, R., Linn, M., Means, B., Bransford, J., Roschelle, J. *et al.* (1999). Toward a learning technologies knowledge network. *Educational Technology Research and Development*, 47, 19-38.
- Pea, R. D., Edelson, D., & Gomez, L. (1994). The CoVis Collaboratory; high school science learning supported by a broadband educational network with scientific visualization, videoconferencing and collaborative computing. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. New Orleans. Dirección URL: <http://www2.covis.nwu.edu/papers/CoVis_PDF/PeaAERA94.pdf>.
- Pea, R. D., Gomez, L., & Edelson, D. C. (1995). Science education as a driver of cyberspace technology development. *Proceedings of the Annual Meeting of the Internet Society*. Honolulu. Dirección URL: <http://www2.covis.nwu.edu/papers/CoVis_PDF/PeaINET95.pdf>.
- Peacock, D. (2002). Statistics, structures & satisfied customers: Using web log data to improve site performance. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/peacock/peacock.html>>.
- Pérez, C., Díaz, M. P., Echevarría, I., Morentin, M., & Cuesta, M. (1998). Centros de ciencia: espacios interactivos para el aprendizaje. Bilbao: Universidad del País Vasco, Servicio Editorial.
- Perry, D. L. (1989). *The creation and verification of a development model for the design of a museum exhibit*. Tesis de doctorado, Indiana University.
- Person, P. E. (1997). Contemporary science in museums and science centres: concluding remarks. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. (pp. 281-286). Londres: Science Museum.
- Person, P. E. (2000). Science centers are thriving and going strong! *Public Understanding of Science*, 9(4), 449-460.
- Peschl, M. F., & Riegler, A. (2001). Virtual science. Virtuality and knowledge acquisition in science and cognition. In A. Riegler, M. F. Peschl, K. Edlinger, G. Fleck & W. Feigl (eds.), *Virtual reality. Cognitive foundations, technological issues & philosophical implications*. Frankfurt: Peter Lang Verlag. Dirección URL: <<http://pespmc1.vub.ac.be/riegler/abstracts.html#peschriegler01virtual>>.
- Peters, P. H. (1999). The interaction of journalists and scientific experts. Cooperation and conflict between two professional cultures. In E. Scanlon (ed.), *Communicating science* (v. 1a). Londres: Routledge - Open University.
- Pfeifer, C. (2001). Escola e divulgação científica. In E. Guimarães (org.), *Produção e circulação do conhecimento. Estado mídia e sociedade* (v. 1). Campinas: Pontes Editores.
- Piacente, M. (1996). *Surf's up: Museums and the World Wide Web*. Tesis de grado, University of Toronto, Master of Museum Studies Program.
- Pirsig, R. M. (1974). *Zen and art of motorcycle maintenance. An inquiry into values*. New York: Bantam.
- Piscitelli, A. (1995). *Ciberculturas. En la era de las máquinas inteligentes*. (1ª. ed.). Buenos Aires: Paidós.
- Polino, C. (2001). *Divulgación científica y medios de comunicación: un análisis de la tensión pedagógica en el campo de la comunicación pública de la ciencia*. Tesis de maestría, Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad, Universidad Nacional de Quilmes.
- Polino, C., Fazio, M. E., & Vacarezza, L. (2003). Notas sobre presupuestos implícitos en la construcción de indicadores de percepción y "cultura científica". *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.

- Porlan, R., García, J. E. & Canal, P. (comp.). (1988). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. (1ª. ed.). Sevilla: Díadas Editoras.
- Postman, N. (1992). *Technopoly. The surrender of culture to technology*. Nueva York: Alfred A. Knopf.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Pratico, F. (1998). Los malentendidos de la divulgación científica. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (11) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num11/011017.htm>>.
- Prensky, M. (2001). *Digital game based learning*. New York: Mcgraw-Hill.
- Proença, A. (1998). Using the Web to give life to museums. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/proenca/proenca_paper.html>.
- Pérez Oliva, M. (1998). Valor añadido de la comunicación científica. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (10) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num10/articulos.htm>>.
- Quéau, P. (1995). *Lo virtual. Virtudes y vértigos* (1ª. ed.). Barcelona: Paidós.
- Quéau, P. (1999). O tempo do virtual. In A. Parente (org.), *Imagem máquina. A era das tecnologias do virtual* (v. 1993pp. 91-99). São Paulo: Editora 34.
- Quevedo, J. (2001). The "Hands-On Net" Project. *ISCOM Spring Sessin Report*. Madrid, ISCOM. Dirección URL: <<http://www.ecsite.net/iscom/meet/>>.
- Quin, M. (1997). Programming for success: people take centre stage. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Quinn, C. (1998). Why are we here? *Museums and the Web 98. Conference Proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/quinn/quinn_paper.html>.
- Quintanilla Fisac, M. A. (1989). *Tecnología, un enfoque filosófico* (1ª. ed.). Madrid: Fundación para el Desarrollo de la Función Social de las Comunicaciones.
- Quintanilla, M. A. (2002). La democracia tecnológica. *Arbor*, (683-684 - Tomo CLXXIII), 637-651.
- Quintanilla, M. A., & Bravo, A. (1998). *Cultura tecnológica e innovación*. Fundación Cotec: Madrid.
- Quintanilla, M. A., & Sabbatini, M. (2004). *Propuesta de un código de certificación de la calidad de la información en la divulgación de la ciencia y la tecnología*. Manuscrito en preparación.
- Rademakers, L. (1991). Discovering a code of ethics for science journalism. *Program for Ethics and Education in Community PEEC Conference*. University of South Florida St. Petersburg. Dirección URL: <<http://www.stpt.usf.edu/peec/Rademakers.pdf>>.
- Rayward, W. B., & Twidale, M. B. (1999). From docent to cyberdocent: education and guidance in the virtual museum. *Archives and Museum Informatics*, 13, 25-53. Dirección URL: <<http://alexia.lis.uiuc.edu/~wrayward/CyberdocentPaper.htm>>.
- Rehak, D., Mason, R. (2003). Keeping the learning in learning objects. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Reis, J., Gonçalves, N. L. (2000). Veículos de divulgação científica. In G. Kreiz & C. Pavan (eds.), *Os donos da paisagem. Estudos sobre divulgação científica* (pp. 187-197). São Paulo: Núcleo José Reis de Divulgação Científica - ECA - USP.
- Rennie, L. J., & McClafferty, T. P. (1996). Science centres and science learning. *Studies in Science Education*, 27, 53-98.

- Resnik, D. (1998). Problemas y dilemas éticos en la interacción entre ciencia y medios de comunicación. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (13) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num13/013059.htm>>.
- Retalus, S. (2003). Commentary on Dan Rehak and Robin Mason, Keeping the Learning in Learning Objects, Chapter 3 of: Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning, (Ed.) Allison Littlejohn. Kogan Page, Londres. *Journal of Interactive Media in Education*, 1(Special Issue on Reusing Online Resources)
- Reynoso, E. (2000). *El museo de ciencias: un apoyo a la enseñanza formal*. Tesis de doctorado, Facultad de Filosofía y Letras - Universidad Autónoma de México, México D.F.
- Rheingold, H. (1994). *Realidad virtual. Los mundos artificiales generados por ordenador que cambiarán nuestras vidas* (1ª ed.). Barcelona: Editorial Gedisa.
- Ribas, C. (1998). La influencia de los *press releases*, según el color del cristal con que se mire... *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (10) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num10/articulos.htm>>.
- Rieber, L. P. (1992). Computer-based microworlds: a bridge between constructivism and direct instruction. *Educational Technology Research and Development*, 40(1), 93-106.
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: designing interactive learning environments based on the bleeding of microworld's simulations and games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43-58.
- Ritter, S., & Suthers, D. (1997). Technical standards for education. *Educational Object Economy*. Dirección URL: <<http://www.eoe.org/FMPro?db=Objects.fp3&-token=libraryPapers&-format=/library/paperdetail.htm&-recid=35179&-lay=all&-Find>>.
- Rivière, G. H. (1961). Seminario regional de la UNESCO sobre la función educativa de los museos. *Estudios y Documentos De Educación*, (38).
- Roberts, L. (1997). *From knowledge to narrative: educators and the changing museum*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Robertson, G. G., Card, S. K., & MackKinlay, J. D. (1993). Nonimmersive virtual reality. *Computer*, 62(2), 81-83.
- Robin, B., Jenkins, A., Howze, W., & O'Connor, K. (2001). A museum-university partnership to develop Web-based educational resources. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Robinson, M. H. (1998). Multimedia in living exhibits: now and then. In S. Thomas & A. Mintz (ed.), *The virtual and the real: media in the museum* (pp. 37-55). Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Rodley, E. (1999). So we've got a Web site, now what? *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/rodley/rodley.html>>.
- Rodríguez Ferrándiz, R. (2002). Virtualmente suyo. *Telos*, (51) Dirección URL: <<http://www.campusred.net/telos/articuloperspectiva.asp?idarticulo=1>>.
- Roquepló, P. (1974). *El reparto del saber*. Barcelona: Gedisa.
- Roschelle, J. (1995). Learning in interactive environments: prior knowledge and new experience. In J. Falk, & L. Dierking (eds.), *Public Institutions for Personal Learning: Establishing a Research Agenda*. Washington D.C.: American Association of Museums. Dirección URL: <<http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/museumeducation/priorknowledge.html>>.
- Rosenfeld, L., & Morville, P. (1998). *Information architecture for the World Wide Web* (1ª. ed.). Sebastopol: O'Reilly.
- Ross, S., & Scanlon, E. (1999). Opening up science. In E. Scanlon, E. Whitelegg & S. Yates (eds.) *Communicating science: contexts and channels* (pp. 42-50). Londres: Routledge - Open University.
- Roussou, M. (2000). Immersive interactive virtual reality and informal education. *Workshop on Interactive Learning Environments for Children*. Atenas. Dirección URL: <<http://ui4all.ics.forth.gr/i3SD2000/Roussou.PDF>>.

- Roussou, M. (2001). Immersive interactive virtual reality in the museum. *Proceedings of Trends in Leisure and Entertainment Conference and Exhibition - TiLE*. Berlin. Dirección URL: <http://www.makebelieve.gr/mr/research/papers/tile_01/mr_TiLE2001_paper.html>.
- Rowan, K. E. (1999). Effective explanation of uncertain and complex science. In S. M. Friedman, S. Dunwoody, & C. L. Rogers (eds.), *Communicating uncertainty: media coverage of new and controversial science* (pp. 201-224). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rusk, N. (1998). Transforming questions into conversations. Responding with interest to e-mail inquiries. *ASTC Newsletter* (September/October).
- Russell, R. (1999). Estimating museum attendance. *The Informal Learning Review*, Dirección URL: <<http://www.informallearning.com/archive/1999-0506-a.htm>>.
- Russo, A. (1998). Object immersion: database driven VRML and robocam technology in the virtual museum. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/russo/russo_paper.html>.
- Rutherford, J. (2003). Windows on the world of science: preparation and opportunity. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Saad, F. D. (2001). Explorando o emocional do visitante durante um show de física. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 159-161). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Sabbatini, M. (1999). Aplicaciones multimedia y comunidades virtuales en un servicio de información médica online: nuevos formatos para la divulgación científica. *XVI Jornadas de Comunicación: Divulgar la Ciencia*. Pamplona. Dirección URL: <<http://www.sabbatini.com/marcelo/artigos/cong-pamplona99.htm>>.
- Sabbatini, M. (2000). Publicações científicas eletrônicas na Internet: modelos, padrões e tendências. Tesis de maestría, Universidade Metodista de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Comunicação Social.
- Sabbatini, M. (2001). Representaciones del periodismo científico en la obra literaria de ciencia ficción de Isaac Asimov. *II Congreso de Comunicación Social de la Ciencia - La ciencia es cultura*. Valencia. Dirección URL: <<http://www.sabbatini.com/marcelo/artigos/cong-valencia02asimov.htm>>.
- Sabbatini, M. (2003a). Centros de ciencia y museos científicos virtuales: teoría y práctica. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 4 Dirección URL: <http://www3.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_04/n4_art_sabbatini.htm>.
- Sabbatini, M. (2003b). Virtual experiments and learning objects for science learning based on virtual science centers and museums. Sociedad de la Información: Advances in technology-based education. Toward a knowledge-based society. *Second International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education (m-ICTE 2003)*. Badajoz: Junta de Extremadura. (pp. 1391-1395).
- Sabbatini, R. M. E. (1997 October). Ciência e integridade jornalística. *Correio Popular*. Dirección URL: <<http://www.epub.org.br/correio/ciencia/cp971017.htm>>.
- Sabbatini, R. M. E. (1998) e*pub: tendências da publicação científica eletrônica. *VII Encontro de Editores Científicos, promovido pela Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)*.
- Sagan, C. (1994). *El cerebro de Broca. Reflexiones sobre el apasionante mundo de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Sagan, C. (1999). *El mundo y sus demonios*. Barcelona: Editorial Planeta.
- Sakamura, K. (s.d.). Technologies for the digital museum. In VV.AA *Augmented realities technologies. Digital Museum. The University Museum - The University of Tokyo*. Dirección URL: <http://www.um.u-tokyo.ac.jp/dm2k-umdb/publish_db/books/dm2000/english/01/01-02.html>.
- Salaverria, R. (2003). Convergencia de medios. *Chasqui*, (81) Dirección URL: <<http://www.comunica.org/chasqui/81/salaverria81.htm>>.

- Salomon, G., Perkins, D., & Globerson, T. (1992). Coparticipación en el conocimiento: la ampliación de la inteligencia humana con las tecnologías inteligentes. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, (13), 6-22.
- Sanden, P. (1996). Realism and imagination in educational multimedia simulations. *Proceedings of the Third International Interactive Multimedia Symposium*. Perth, Promaco Conventions. Dirección URL: <<http://cleo.murdoch.edu.au/gen/aset/confs/iims/96/ry/standen.html>>.
- Sarramona, J. (1992). *Educación no formal. Definición, conceptos básicos y ámbitos de aplicación*. Barcelona: Ceac.
- Sayre, S., Gorman, J., Noon, P., & Dust, M. (2000). Sharing the experience: the building of a successful online/onsite exhibition. *Museums and the Web 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Museum and Archives Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/sayre/sayre.html>>.
- Scanlon, E. (1999). *Communicating science*. (v. 1a). Londres: Routledge -The Open University.
- Scanlon, E. (1999). Communicating science: the use of information technology. *Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A). Research in Science Education: Past, present and future*. Dirección URL: <<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/esera/book/134-sca.pdf>>.
- Scanlon, E. (1997). Learning science on-line. *Studies in Science Education*, (30), 57-92.
- Schaffer, S. (1997). Temporary contemporary: some puzzles in actoin. In G. Farmelo & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Schaller, D. T., & Allison-Bunnell, S. (2003). Practicing what we teach: how learning theory can guide development of online educational activities. *Museums and the Web*. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2003/papers/schaller/schaller.html>>.
- Schaller, D. T., Allison-Bunnell, S., Borun, M., & Chambers, M. B. (2002). How do you like to learn? Comparing user preferences and visit length of educational Web sites. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/schaller/schaller.html>>.
- Schaller, D. T., & Tower, C. (2001). Can your Web site go the distance? Integrating the Web to make distance learning programs go further. *Museums and the Web 2000*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/schaller/schaller.html>>.
- Schank, R. (1992). *Goal based scenarios*. Chicago: Northwestern University Institute for the Learning Sciences.
- Schiele, B., Jebara, T., & Oliver, N. (2001). Sensory-augmented computing: Wearing the museum's guide. *IEEE Micro*, 21(3), 44-52.
- Schiele, B. (2000). The silences of scientific museology. In B. Schiele & E. H. Koster (eds.), *Science centers for this century* (pp. 447-491). Québec: Editions Multimondes.
- Schlager, M., Fusco, J., & Schank, P. (1997). Evolution of an onlineeducation community of practice. In A. Renninger & W. Shumar (eds.), *Building virtual communities: Learning and change in cyberspace*. New York: Cambridge University Press.
- Schweibenz, W. (1998). The "virtual museum": new perspectives for museums to present objects and information using the Internet as a knowledge base and communication system. *Knowledge Management und Kommunikationssysteme. Workflow Management, Multimedia, Knowledge Transfer. Proceedings des Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI '98)*. Praga. Dirección URL: <http://www.phil.uni-sb.de/fr/infowiss/projekte/virtualmuseum/virtual_museum_ISI98.htm>.
- Schweibenz, W. (1999). The learning museum: how museums use information technology to present vaule-added collection information for lifelong learning. *Proceedings of the 7th International BOBCATSSS Symposium Learning Society Learning Organisation Lifelong Learning*. Bratislava.
- ScienceNetLinks. (2002). *Science NetLinks review criteria*. Dirección URL: <<http://www.sciencenetlinks.com/criteria.htm>>.

- Sebastián, A. (1995). La museología más viva y renovadora: Los museos de ciencia y tecnología. *Boletín de ANABAD*, 3(45), 169-185.
- Semper, R., Wanner, N., Jackson, R., & Bazley, M. (2000). Who's out there? A pilot user study of educational web resources by the Science Learning Network (SLN). *Museums and the Web 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/semper/semper.html>>.
- Semper, R. J. (1990). Science museums as environments for learning. *Physics Today*, 43(11), 50-56. Dirección URL: <<http://www.exploratorium.edu/ifi/resources/museumeducation/sciencemuseums.html>>.
- Semper, R. J. (1998). Bringing authentic museum experience to the Web. *Museums and the web 1998. Conference Proceedings*. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw98/abstracts/semper.html>>.
- Semper, R. J. (1998). Designing hybrid environments: integrating media into exhibition space. In S. Thomas & A. Mintz (eds.). *The virtual and the real: media and the museum* (pp. 119-144). Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Semper, R. J. (2002). Live @ Exploratorium: Origins - A pilot study of Web-based links between museum audiences and remote scientific research. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw2002/abstracts/prg_165000782.html>.
- Serrat, N. (2001). Los museos virtuales como recursos para el área de las ciencias sociales. *Íber. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, (27), 105-112.
- Serres, M. (1994). Atlas. Ediciones Cátedra.
- Shamos, M. H. (1988). Science literacy is futile: try science appreciation. *The Scientist*, 18(9)
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, Rutgers University Press.
- Shane, J. (1997). The virtual visit - virtual benefits? In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Science Museum, Londres: Science Museum.
- Shettel, H. (1973). Exhibits: art form o educational medium. *Museum News*, 52(1), 32-41.
- Shung Hwee, B., Nee Yeh Ching, Andrew, & Eng Lim, G. (2001). The virtual laboratory platform for experiments and apprenticeship for engineering education on the Internet. *5th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. Orlando. Dirección URL: <<http://www.wbmt.tudelft.nl/pto/research/conferences/Proceedings/Sci2001/Paperspdf/IS0023603.pdf>>
- Sigüenza, J. A. (1999). Diseño de materiales docentes multimedia en entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, (8) Dirección URL: <<http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/siguenza.html>>.
- Sills, D. L. (1968). Sociology of science. *International encyclopedia of social sciences* (v. 14, pp. 92-117). McMillan Company.
- Silverstone, R. (1992). The medium is the museum: on object logics in times and spaces. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science: arguments and second thoughts. In S. Sjøberg & E. Kallerud (ed.), *Science, Technology and Citizenship. The Public Understanding of Science and Technology in Science Education and Research Policy* (pp. 9-28). Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education.
- Sloep, P. (2003). Commentary on Diana Laurillard and Patrick McAndrew, Reusable Educational Software: A Basis for Generic e-learning Tasks, Chapter 7 of: Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning, (Ed.) Allison Littlejohn. Kogan Page, Londres. *Journal of Interactive Media in Education*, 1(Special Issue on Reusing Online Resources)
- Sneider, C., Bell, L., Rabkin, D., & Ellis, D. (2002). Technology and its makers: a new perspective for science museums. *ASTC Dimensions*, (September/October) Dirección URL: <<http://www.astc.org/pubs/dimensions/2002/sep-oct/technology.htm>>.

- Social Issues Research Centre. (2001). *Guidelines on science and health communication*. Royal Society - Royal Institution of Great Britain. Dirección URL: <http://www.sirc.org/publik/revised_guidelines.shtml>.
- Solomon, J. (1997). Science education in European schools and popular culture. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Sosteric, M., & Hesemeier, S. (2002). When is a learning object not an object: a first step towards a theory of learning objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 3(2)
- Spadaccini, J. (2000). Creating online experiences in broadband environments. *Museums and the Web 2000. Selected papers*. EE.UU., Pittsburgh: Archives & Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/spadaccini/spadaccini.html>>.
- Spadaccini, J. (2001). Streaming audio and video: new challenges for the museum. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/spadaccini/spadaccini.html>>.
- Sparacino, F. (2002). The museum wearable: real-time sensor-driven understanding of visitor's interests for personalized visually-augmented experiences. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/sparacino/sparacino.html>>.
- Spasojevic, M., & Kindberg, T. (2001). *A study of augmented museum experiences*. Dirección URL: <<http://www.hpl.hp.com/techreports/2001/HPL-2001-178.pdf>>.
- Spiëgel-Rosing, I., & Derek de Solla Price, E. (ed.). (1977). *Science, technology and society: a cross-disciplinary perspective*.
- St. John, M. (1990). First hand learning: teacher education in science museums. Washington D.C.: Association of Science & Technology Centers.
- St. John, M. (2000). End paper: the value of knowing what you do not know libro inquiry. In Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation (ed.), *Inquiry. Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom*. Division of Elementary, Secondary, and Informal Education - Directorate for Education and Human Resources - National Science Foundation. Dirección URL: <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/ch_13.htm>.
- Standen, P. (1996). Realism and imagination in educational multimedia simulations. *Proceedings of the 3rd International Interactive Multimedia Symposium*. Perth.
- Stanley, R. (1997). Learning together: the human face of science education. ASTC Annual Conference follow up story. *ASTC Newsletter*, (noviembre/diciembre) Dirección URL: <<http://www.astc.org/pubs/dimensions/1997/nlstory.htm>>.
- Stavelotz, W. (2000). To teach or not to teach: that is the question. *Museologia. An International Journal of Museology*, 1(1)
- Stavelotz, W. (2001). ECSITE: an international network of museums and science centers. *6th International Conference on Public Communication of Science & Technology*. Ginebra.
- Stavelotz, W. (2002a). The changing face of science centres and museums. Sustainable development: the missing link. *7th International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Cape Town. Dirección URL: <http://www.saasta.ac.za/pcst/papers/papers/staveloz_ppt.pdf>.
- Stavelotz, W. (2002b). Science & society. A science centre and museum's action plan. *7th International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Cape Town. Dirección URL: <http://www.saasta.ac.za/pcst/papers/papers/staveloz2_ppt.pdf>.
- Stocking, H. S. (1999). How journalists deal with scientific uncertainty. In S. M. Friedman, S. Dunwoody & C. L. Rogers (eds.), *Communicating uncertainty: media coverage of new and controversial science* (pp. 23-42). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Streten, K. (1999). If you build it they will come - won't they? Marketing a Web presence. *Museums and the Web 99. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw99/papers/streten/streten.html>>.

- Streten, K. (2000). Honoured guests: towards a visitor centered Web experience. *Museums and the Web 2000. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/streten/streten.html>>.
- Subramanian, R. K. (2002). *Intelligent virtual biology experiments*. Tesis de doctorado, State University of New Jersey, News Brunswick. Dirección URL: <<http://www.caip.rutgers.edu/~skaushik/thesis.doc>>.
- Sudbury, P. (1992). Linking scientists to non-science museums. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Sumption, K. (2000). Meta-centers: do they work and what might the future hold - a case study of Australian Museums On-line. *Museum and the Web 2000: Selected Papers*. Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/sumption/sumption.html>>.
- Suárez Guerrero, C. (2003). La dimensión pedagógica de los entornos virtuales de aprendizaje como interfaz de aprendizaje cooperativo. *III Congreso Internacional Virtual de Educación*. Dirección URL: <<http://www.geocities.com/xtobalsg/cive2003.pdf>>.
- Sánchez Ron, M. (2002). Historia de la ciencia y la divulgación. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (26) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num26/026007.htm>>.
- Tattersall, C., & Koper, R. (2003). *EML and IMS Learning Design: from LO to LA*. Dirección URL: <http://www.ltsn.ac.uk/embedded_object.asp?id=18611&prompt=yes&filename=ELN045>.
- Tavares, I. (2001). A educação para a ciência no CNPq. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência* (pp. 638-643). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Teather, L. (1998). A museum is a museum...or is it? Exploring museology and the Web. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/teather/teather_paper.html>.
- Tellis, C., & Moore, R. R. (2001). Building the next generation collaborative museum shopping site: merging e-commerce, e-museums & entrepreneurs. *Museums and the Web 2000. Museums and the Web 2001*, Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2000/papers/tellis/tellis.html>>.
- Ten, A. (s.d.). *Los museos científico-tecnológicos. Un ensayo de clasificación por generaciones*. Dirección URL: <<http://www.uv.es/~ten/p64.html>>.
- Ten, A. (1997). Los nuevos paraísos. Historia y evolución de los parques temáticos. *Arbor, CLX*, 109-131. Dirección URL: <<http://www.uv.es/~ten/p83.html>>.
- Ten, A. (1999). *¿Qué es un museo? Hacia una definición de los museo de nuestro tiempo*. Dirección URL: <<http://www.uv.es/~ten/p61.html>>.
- The Learning Federation. (2002). *Educational soundness specification*. Dirección URL:<http://www.thelearningfederation.edu.au/repo/cms2/tlf/published/8519/docs/educational_soundness_specification_v2_2.pdf>.
- Thiollent, M. (1992). Jornalismo científico e suas funções no conjunto da comunicação social. *Comunicarte*, (2)
- Thomas, C. F., & Griffin, L. S. (1998). Who will create the metadata for the Internet? *First Monday*, 3(12) Dirección URL: <http://www.firstmonday.dk/issues/issue3_12/thomas/index.html>.
- Thomas, G. (1992). How Eureka! The Children's Museum responds to visitor needs. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science* (pp. 88-93). Londres: Science Museum.
- Thomas, G., & Durant, J. (1997). The relationship between knowledge and attitudes in the public understanding of science in Britain. *Public Understanding of Science*, (4), 57-74.
- Thomas, S. (1998). Mediated realities: a media perspective. In S. Thomas & A. Mintz (ed.), *The virtual and the real: media in the museum* (pp. 1-17). Washington, D.C.: American Association of Museums.

- Thorpe, M., Kubiak, C., Thorpe, K. (2003). Designing for reuse and versioning. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page. Dirección URL: <0749439491>.
- Tinker, R. F. (1993). Science standards: promises and dangers. *Hands ON!*, 16(1), 17-19. Dirección URL: <<http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/workshops/sciencestandards.html>>.
- Tinker, R. F. (1996). Potentials of student and scientist partnerships. *Proceedings of the National Conference on Student & Scientist Partnerships*. Georgetown: TERC/Concord Consortium. Dirección URL: <http://www.terc.edu/ssp/conf_rep/ncssp_2/potenstu.htm>.
- Tinkler, M. (1998). Online exhibitions: a philosophy of design and technological implementation. *Museums and the Web 98. Conference proceedings*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <http://www.archimuse.com/mw98/papers/tinkler/tinkler_paper.html>.
- Tipping, P. D., & Graesser, A. C. (1996). Active learning, passive learning, software and texts: does it really make a difference. *Sixth Annual Meeting of the Society for Text and Discourse*. San Diego.
- Toharia, M. (2001). Prólogo. La ciencia es cultura. In E. Lowy & J. L. Robles *Física. 2º. Bacharelato*. Ediciones Akal. Dirección URL: <http://www.lowy-robles.com/3_2.htm>.
- Trager, H. (2002). e-Docents: shifting the docents business paradigm. *Museums and the Web 2002*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/trager/trager.html>>.
- Trefil, J. (1996). Scientific literacy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, (775), 543-550.
- Trench, B. (1998). La información científica en Europa: de la comparación a la crítica. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (13) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num13/013020.htm>>.
- Trench, B., & Junker, K. (2002). How scientists view their public communication. *6th International Conference on Public Communication of Science & Technology*. Ginebra. Dirección URL: <<http://visitservice.web.cern.ch/VisitsService/pcst2001/proc/Trench.doc>>.
- Treviranus, J., & Brewer, J. (2003). Developing and reusing accessible content and applications. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Trilla, J. (1985). La educación fuera de la escuela: enseñanza a distancia, por correspondencia, por ordenador, radio, video y otros medios no formales. (1ª. ed.).
- Trilla, J. (1992). La educación no formal. Definición, conceptos básicos y ámbitos de aplicación. In J. Sarramona *La educación no normal*. Barcelona: CEAC.
- Trilla, J. (1998). La educación fuera de la escuela: ambitos no formales y educacion social. (3ª. ed.).
- Trindade, J., Fiolhais, C., & Almeida, L. (2002). Science learning in virtual environments: a descriptive study. *British Journal of Educational Technology*, 33(4) Dirección URL: <<http://nautilus.fis.uc.pt/personal/jtrindade/~jtrindade/pub/5.pdf>>.
- Trindade, J. F., & Fiolhais, C. (2000). Sensory immersive microworlds for science teaching. *Proceedings of 3rd Workshop on Virtual Reality*. Gramado, Porto Alegre: Editora PUCRS. Dirección URL: <<http://nautilus.fis.uc.pt/personal/jtrindade/~jtrindade/pub/16.pdf>>.
- Trinitas. (2000). Delivering the promise. *The case for rapidly expanding the digital curriculum resources available in Australian classrooms and for developing the digital content industry*. CESCEO/Curriculum Corporation. Dirección URL:<<http://www.thelearningfederation.edu.au/repo/cms2/tlf/published/3295/docs/trinitas.pdf>>.
- Tufte, E. R. (1983). Visual display of quantitative information. (1ª ed.), (p. 197). Cheshire: Graphic Press.
- Turkle, S. (1997a). Seeing through computers: education in a culture of simulation. *American Prospect*, 8(31) Dirección URL: <<http://www.prospect.org/print/V8/31/turkle-s.html>>.
- Turkle, S. (1997b). *La vida en pantalla. La construcción de la identidad en la era de Internet* (1ª. ed.). Barcelona: Paidós.

- Turney, J. (1999). The word and the world. Engaging with science in print. In E. Scanlon (ed.), *Communicating science* (v. 1a). Londres: Routledge - Open University.
- Twidale, M., & Cheverst, K. (2000). Exploring the design space of networked technologies. *ACM 2000 Conference on Computer Supported Cooperative Work*. Philadelphia. Dirección URL: <<http://alexia.lis.uiuc.edu/~twidale/research/docents/cscw00wkshp.html>>.
- Ullmer, E. J. (1994). Media and learning: are there two kinds of truth? *Educational Technology Research and Development*, 42(1), 21-32.
- Unesco. (1983). *New trends in primary school science education*. Unesco Publishing.
- Unesco. (2000). *Science for the twenty-first century*. Paris: Unesco.
- Vacarezza, L. S. (2002). Ciência, Tecnologia e Sociedade: o estado da arte na América Latina. In L. Woellner dos Santos, E. Y. Ichikawa, P. V. Sendin & D. F. Cargano (eds.), *Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação*. Londrina: IAPAR.
- van Dijk, J. (2002). After the "two cultures": towards a "(multi)cultural" practice of science communication. 7th *International Conference on the Public Communication of Science and Technology*. Cape Town. Dirección URL: <<http://www.saasta.ac.za/pcst/papers/papers/vandijck.pdf>>.
- Van Dijk, T. A. (1990). *La noticia como discurso. Comprensión, estructura y producción de la información*. Barcelona: Paidós.
- Vary, J. P. (2000). *Report of the Expert Meeting on Virtual Laboratories*. Paris: UNESCO. Dirección URL: <<http://virtuallab.tu-freiberg.de/website/publicat/vlfinal.pdf>>.
- Vergo, J., Karat, C.-M., Karat, J., Pinhanez, C., Arora, R., Cofino, T. et al. (2001). "Less clicking, more watching": results from the user-centered design of a multi-institutional Web site for art and culture. *Museums and the Web 2001. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/vergo/vergo.html>>.
- Virilio, P. (1989). La máquina de visión. (p. 104). Madrid: Ediciones Cátedra.
- Virilio, P. (1993). A imagem virtual mental e instrumental. In A. Parente (org.), *Imagem máquina. A era das tecnologias do virtual* (3ª ed., pp. 127-132). São Paulo: Editora 34.
- Virilio, P. (1997). *El ciber mundo, la política de lo peor*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Virilio, P. (2003). *Estética de la desaparición*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- Vogt, C. (2003). A espiral da cultura científica. *Comciência*, (julio) Dirección URL: <<http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura01.shtml>>.
- vom Lehn, D., & Heath, C. (s.d.). Studying "visitor behaviour" in museums and galleries. *Cooperative Technologies for Complex Work Settings. COTCOS 1996-2000*. <http://www-sv.cict.fr/cotcos/pjs/FieldStudies/PublSpandLeisure/PSLpapervomLehn.htm>. Dirección URL: <<http://www-sv.cict.fr/cotcos/pjs/FieldStudies/PublSpandLeisure/PSLpapervomLehn.htm>>.
- von Glasersfeld, E. (1995). A constructivist approach to teaching. In L. P. Steffe, & J. Gale (ed.), *Constructivism in Education* (pp. 3-15). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- VV.AA. (1997). *Manifiesto de la Coruña*. La Coruña.
- VV.AA. (1999a). *Declaración de Budapest*.
- VV.AA. (1999b). *Declaración de Granada*.
- VV.AA. (2000). *Declaración de Morón*.
- VV.AA. (2001). Declaración sobre la educación científica. Ciudad de La Habana, Cuba, Simposio Didáctica de las Ciencias en el Nuevo Milenio.

- Vázquez Alonso, Á., Acevedo Díaz, J. A., & Manassero Mas, M. A. (2001). Enseñando ciencia: consenso y disenso en la educación y evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. In M. Martín Sánchez, J.G. Morcillo (eds.): *Reflexiones sobre la didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 297-305) Madrid: Nivel. Dirección URL: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/vazquez.htm>>.
- Väliveronen, E. (1998). Popularizers, interpreters, advocates, managers and critics: representing science and scientists in the media. *5th International Conference on Public Communication of Science and Technology*. Berlín.
- Wagensberg, J. (1997). La vitrina. Reflexión en siete historias. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (8) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num%208/articulos.htm#estrella>>.
- Wagensberg, J. (2000). Principios fundamentales de la museología científica moderna. *Alambique: Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, VII(26)
- Wagmister, F., & Burke, J. (2002). Networked multi-sensory experiences: beyond browsers on the web and in the museum. *Museums and the Web 2002. Selected papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2002/papers/wagmister/wagmister.html>>.
- Wallace, M. (2001). Building museum brands for the next generation: Web sites that teach and keep young people. *Museums and the Web 2001: Selected Papers*. 14-17 de marzo de 2001, Pittsburgh: Archive and Museum Informatics. Dirección URL: <<http://www.archimuse.com/mw2001/papers/wallace/wallace.html>>.
- Walsh, P. (1997). The Web and the unassailable voice. *Museums and the Web 99. Selected Papers*. Pittsburgh: Archives and Museum Informatics.
- Ward, L. (1997). Lessons of Science Box. In F. Graham & J. Carding (eds.), *Here and now. Contemporary science and technology in museums and science centres*. Londres: Science Museum.
- Wattenberg, F. (1998). A National Digital Libraries for science, mathematics, engineering and technology education. *D-Lib Magazine*, (october)
- Wazlavick, R., Rosatelli, M. C., Ramos, E. M. F., Cybis, W. A., Storb, B. H., Schuhmacher, V. R. N. *et al.* (2000). Providing more interactivity to virtual museums: a proposal for a VR Authoring Tool. *Proceedings of 3rd Workshop on Virtual Reality*. Porto Alegre: Editora PUCRS.
- Weibel, P. (1996). The world as interface. Toward the construction of context-controlled event-worlds. In T. Druckery (ed.), *Electronic culture: technology and visual representation* (1^a ed.). New York: Aperture.
- Weissberg, J.-L. (1999). Real e virtual. In A. Parente (org.), *Imagem máquina. A era das tecnologias do virtual* (3^a ed., v. 1993, pp. 117-126). São Paulo: Editora 34.
- Welborn, V., & Kanar, B. (2000). Building websites for science literacy. *Issues in Science and Technology Librarianship*, (25) Dirección URL: <<http://www.library.ucsb.edu/istl/00-winter/article2.html>>.
- Wellcome Trust. (2000). *The role of scientists in public debate. Summary of findings*. Londres. Dirección URL: <http://www.wellcome.ac.uk/en/images/pubdebatenew.doc_3829.pdf>.
- Wetherill, K., Midgett, C., & McCall, M. (2000). *Determining the impact of applet-based instructional materials on teacher knowledge of content and pedagogy, instructional planning, and student learning of fractions*. Wilmington: University of North Carolina at Wilmington. Dirección URL: <<http://illuminations.nctm.org/downloads/UNCWrschReport.pdf>>.
- Wetterling, J., & Collis, B. (2003). Sharing and re-use of learning resources across a trans-national network. In A. Littlejohn (ed.), *Reusing online resources: a sustainable approach to eLearning*. Londres: Kogan Page.
- Whalley, P. (1995). Imagining with multimedia. *British Journal of Educational Technology*, 26(3), 194-204.
- Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor and a taxonomy. In D. A. Wiley (ed.), *The instructional use of learning objects: online version*. Dirección URL: <<http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>.

- Wilkinson, G. L., Bennett, L., & Oliver, K. (1997). Evaluation criteria and indicators of quality for Internet resources. *Educational Technology*, 37(3) Dirección URL: <<http://itech1.coe.uga.edu/faculty/gwilkinson/webeval.html>>.
- Will, L. (1992). Providing information, promoting understanding. In J. Durant (ed.), *Museums and the public understanding of science*. Londres: Science Museum.
- Williams, D. D. (2000). Evaluation of learning objects and instruction using learning objects. In D. A. Wiley (ed.), *The instructional use of learning objects: online version*. Dirección URL: <<http://reusability.org/read/chapters/williams.doc>>.
- Witcomb, A. (1997). The end of the Mausoleum: museums in the age of electronic communication. *Museums and the Web 97. Selected papers*. Pittsburgh: Archive Museum Informatics.
- Woellner dos Santos, L., & Ichikawa, E. Y. (2002). CTS e a participação pública na ciência. In L. Woellner dos Santos, E. Y. Ichikawa, P. V. Sendin & D. F. Cargano *Ciência, tecnologia e sociedade. O desafio da interação*. Londrina: IAPAR.
- Wolf, M. (1996). *La investigación de la comunicación de masas: crítica y perspectivas* (1ª. ed.). Barcelona: Paidós Ibérica.
- Wooley, B. (1994). *Virtual worlds*. Madrid: Acento Editorial.
- Young, S. S.C., Huang, Y.L., & Jang, J. S. R. (2000). Pioneering a Web-based science museum in Taiwan: design and implementation of lifelong distance learning in science education. *Educational Technology Research and Development*, 48(1), 112-123.
- Yriart, M. (1998). CPTC-Berlín; una década de estudios sobre comunicación social de la ciencia. *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, (13) Dirección URL: <<http://www.imim.es/quark/num13/013012.htm>>.
- Zancan, G. (2001). A situação da ciência no Brasil e seus desafios. In S. Crestana, E. W. Hamburger, D. M. Silva & S. Mascarenhas (org.), *Educação para a ciência. Curso para treinamento em centros e museus de ciência*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Zehr, S. C. (1999). Scientist's representations of uncertainty. In S. M. Friedman, S. Dunwoody & C. L. Rogers (eds.), *Communicating uncertainty: media coverage of new and controversial science* (pp. 3-22). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zia, L. L. (2000). The NSF National Science, Mathematics, Engineering, and Technology Education Digital Library (NSDL) Program. A progress report. *D-Lib Magazine*, 6(10) Dirección URL: <<http://www.dlib.org/dlib/october00/zia/10zia.html>>.
- Ziman, J. (2002). Science and civil society. *Congreso La Ciencia Ante el Público. Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.

Anexo I – Instrumento de análisis heurístico

Parte I – Elementos de identificación	
I.1 Nombre del museo	
I.2 Ciudad	
I.3 País	
I.4 URL	
I.5 Correo electrónico	

Parte II - Información general sobre el museo virtual		
Concepto	Sí	No
II.1 Dominio propio		
II.2 Logotipo / imagen corporativa		
II.3 Misión del sitio Web		
II.4 Idiomas (número de idiomas presentes)		
II.5 Información sobre actualización y mantenimiento		
II.6 Dirección de correo electrónico general de contacto		
II.7 Plano del sitio Web		
II.8 Mecanismo de búsqueda		
II.9 Sección de enlaces		
II.10 Noticias / Actualidad		
II.11 Calendario de eventos		
II.12 Requisitos técnicos		
II.13 Información sobre accesibilidad		
II.14 Créditos de realización		
II.15 Información sobre derechos de autor		
II.16 Sección de ayuda al usuario		
II.16.1. “ <i>Site tour</i> ”		
II.16.2. FAQ		
II.16.3. Consejos para realizar búsquedas		
II.17 Información profesional (revista electrónica, bases de datos)		
II.18 Patrocinios visibles		
II.19 Premios		
II.20 Política de privacidad		
II.21 Información para prensa		
II.22 Boletín de noticias		
II.23 Campaña de difusión de logotipo		
II.24 Descargas (escritorio, salva-pantallas)		
II.25. Libro de visitas o formulario de sugerencias		
II.26 Indicación a amigos		
II.27 Tarjetas virtuales		

Parte III – Información sobre el museo físico		
Concepto	Sí	No
III.1 Presentación del museo como institución cultural		
III.1.1 Misión del museo		
III.1.2 Historia del museo		
III.1.3 Estatutos y reglamentos		
III.1.4 Información sobre investigación		
III.1.5 Información sobre patrocinio		
III.1.6 Información sobre “club” o “amigos del museo”		
III.1.7 Información sobre donaciones		
III.2 Personal / Departamentos		
III.2.1 Bienvenida del director		
III.2.2 Directorio de personal		
III.2.3. Oferta de empleo / voluntariado / becarios		
III.3. Información logística		
III.3.1 Dirección		
III.3.2 Información turística local		
III.3.3 Plano de ubicación		
III.3.4. Plano del museo		
III.3.5 Medios de transporte		
III.4 Información de visita		
III.4.1 Horario de apertura		
III.4.2 Información sobre entradas (precios, descuentos)		
III.4.3 Restaurante, cafetería		
III.4.4 Biblioteca / Videoteca / Centro documental		
III.4.5 Visita virtual		
III.5. Información sobre exposiciones		
III.5.1. Historia (preparación, montaje)		
III.5.2. Descripción detallada		
III.5.3. Visita virtual		
III.6 Información sobre colecciones		

Parte IV – El museo virtual		
Concepto	Sí	No
Contenidos		
IV.1 Exposiciones en línea de exposiciones físicas		
IV.2 Exposiciones en línea no relacionadas a una exposición física		
IV.3. Colecciones en línea		
IV.4 Actualidad y noticias científicas		
IV.5 Audio como complemento		
IV.6 Vídeo como complemento		
IV.7 Entornos de realidad virtual en 3D		
IV.8 “Webcams”		
IV.9. “Webcasts”		
IV.10 Páginas especiales para niños		
IV.11 Páginas especiales para otros segmentos		
Comercio electrónico		
IV.12 Tienda en línea		
IV.13 Venta o reserva en línea de entradas		

Sección educativa		
IV.14 Materiales para profesores		
IV.15 Materiales para alumnos		
IV.16 Experimentos virtuales		
IV.17. Páginas de alumnos / escuelas		
IV.18 Juegos / “ <i>Quizzes</i> ”		
Interfaz		
IV.19 Agentes inteligentes		
IV.20 Personalización		
Interacción social		
IV.21 Salas de “ <i>chat</i> ”		
IV.22 Foros de discusión		
IV.23 Visitas cooperativas		
IV.24 Servicio de preguntas y respuestas / consultas		
IV.25 Creación de páginas personales		

Parte V – Tecnologías utilizadas		
Concepto	Sí	No
Sitios web dinámicos		
V.1 Tecnología de servidor dinámico	1. Estático 2. ASP 3. JSP 4. PHP 5. Cold Fusion 6. Otro	
Multimedia interactiva		
V. 2 Flash		
V. 3 Shockwave		
V.4 Java		
V.5 Javascript		
Vídeo		
V.6 Windows Media		
V.7 Real Media		
V.8 Quicktime		
V.9 Video tradicional (AVI/MPEG)		
V.10 Otro		
Realidad virtual		
V.11 Quicktime VR		
V.12 VRML		

Anexo II – Relación de museos visitados

Alemania

1. Deutsche Museum
Munich
<http://www.deutsches-museum.de>
info@deutsches-museum.de

Argentina

2. Exploratorio
San Isidro
<http://www.exploratorio.com>
centro@exploratorio.com

3. Museo Participativo de Ciencias
Buenos Aires
<http://www.mpc.giga.com.ar>
info@mpc.org.ar

Australia

4. National Museum of Australia
Canberra
<http://www.nma.gov.au>
information@nma.gov.au

5. Questacon - The National Science & Technology Centre
Canberra
<http://www.questacon.edu.au>
info@questacon.edu.au

Brasil

6. Centro de Divulgação Científica e Cultural – Universidade de Sao Paulo
São Carlos
<http://www.cdcc.sc.usp.br>
cdcc@cdcc.sc.usp.br

7. Estação Ciência – Universidade de Sao Paulo
São Paulo
<http://www.eciencia.usp.br>

8. Casa da Ciência – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro
<http://www.cciencia.ufrj.br>
casadaciencia@casadaciencia.ufrj.br

9. Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST)
Rio de Janeiro
<http://www.mast.br>
mast@mast.br

10. Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém do Pará
<http://www.museu-goeldi.br>
webmaster@museu-goeldi.br

11. Espaço Museu da Vida
Rio de Janeiro
<http://www.fiocruz.br/emvida/>
emvida@fiocruz.br

12. Museu de Ciências e Tecnologia
Porto Alegre
<http://www.mct.pucrs.br>

13. Tecnorama
Águas de Lindóia
<http://www.tecnorama.com.br>

Canadá

14. Ontario Science Centre
North York
<http://www.ontariosciencecentre.ca>
webmaster@osc.on.ca

Chile

67. Museo Interactivo Mirador
Santiago de Chile
<http://www.mim.cl>

Colombia

15. Maloka
Bogotá
<http://www.maloka.org>
webmaster@maloka.org

16. Museo del Juego y de la Ciencia
Bogotá
<http://www.ciencias.unal.edu.co/paginas/mcj/>
museocj@mluduspop.org

Dinamarca

17. Experimentarium
Hellerup
<http://www.experimentarium.dk>
info@experimentarium.dk

España

18. Museos Científicos Coruñeses
La Coruña
<http://www.casaciencias.org>

19. Parque de las Ciencias
Granada
<http://www.parqueciencias.com>
cpciencias@parqueciencias.com

20. Museo de las Ciencias “Príncipe Felipe”
Valencia
<http://www.cac.es>
lvisitas@cac.es

21. CosmoCaixa
Madrid
www1.lacaixa.es:8090/cosmocaixa/

22. Museo de la Ciencia y de la Técnica de Cataluña
Terrassa
<http://www.mnactec.com>
info@mnactec.com

23. Museo Miramon – Kutxa Espacio de la Ciencia
San Sebastián
<http://www.miramon.org>
kutxaespacio@kutxa.es

24. Museo de la Ciencia y el Agua
Murcia
<http://www.cienciayagua.org>
cienciayagua@cienciayagua.org

25. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
Madrid
<http://www.mncn.csic.es>
alcira@mncn.csic.es

26. Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología
Las Palmas de Gran Canaria
<http://www.museoelder.org>
museo.elder@museoelder-canariastelecom.com

27. Museo de la Ciencia y el Cosmos
Tenerife
<http://www.cosmos.mcc.rcanaria.es>
(Excluido debido a indisponibilidad)

28. Museo Hispano de Ciencia y Tecnología
Madrid
<http://mhct.mnct.mcu.es/mnct/>
museo.mnct@mnct.mcu.es

29. Museo de Ciencias de Castilla La Mancha
Cuenca
<http://www.jccm.es/museociencias/>

30. Museo Nacional y Centro de Investigación Altamira
Santillana del Mar
<http://www.mcu.es/nmuseos/altamira/>

Estados Unidos

31. Exploratorium – The museum of art, perception and human perception
San Francisco.
<http://www.exploratorium.com>
ronh@exploratorium.edu

32. The Franklin Institute
Filadelfia
<http://sln.fi.edu>
webteam@www.fi.edu

33. Museum of Science
Boston
<http://www.mos.org>
information@mos.org

34. Science Museum of Minnesota
Saint Paul
<http://www.smm.org>
info@smm.org

35. Oregon Science and Industry Museum
Portland
<http://www.oms.edu>
webmaster@oms.edu

36. Miami Museum of Science
Miami
<http://www.miamisci.org>
webmaster@miamisci.org

37. National Museum of Natural History
Washington D.C.
<http://www.mnh.si.edu>
Info@info.si.edu.

38. National Air and Space Museum
Washington D.C.
<http://www.nasm.si.edu>
info@info.si.edu

Finlandia

39. Heureka
Vantaa
<http://www.heureka.fi>
info@heureka.fi

Francia

40. Cité des Sciences et de l'Industrie (La Villette)
Paris
<http://www.cite-sciences.fr>
b.benita@cite-sciences.fr

41. Musée des Arts et Métiers
Paris
<http://www.arts-et-metiers.net>
musee@cnam.fr

42. Palais de la Découverte
Paris
<http://www.palais-decouverte.fr>
webmaster@palais-decouverte.fr

Irlanda del Norte

43. Ireland's Historic Science Centre
Birr
<http://www.birrcastle.com>
info@birrcastle.com

Italia

44. Museo Nazionale de la Ciencia y de la Tecnica Leonardo da Vinci
Milán
<http://www.museoscienza.org>
museo@museoscienza.org

45. Extramuseum – Centroscienza
Turín
<http://www.extramuseum.it>
(Excluido debido a características incompatibles con la investigación)

46. Science Centre – Immaginario Scientifico
Grignano
<http://www.immaginarioscientifico.it>
lis@lis.trieste.it

47. Science Center Torino
Turín
<http://www.torinoscienza.it>
redazione@torinoscienza.it

48. Fondazione INDIS – Città della Scienza
Napolis
<http://www.cittadellascienza.it>
comunico.cds@tiscali.it

49. Istituto e Museo di Storia della Scienza
Firencia
<http://www.imss.firenze.it>
marco@imss.fi.it

Holanda

50. New Metropolis Science Centre Association
Amsterdán
<http://www.e-nemo.nl>

México

51. Universum – Museo de las Ciencias
México D.F.
<http://www.universum.unam.mx>
visitante@universum.unam.mx

52. Centro de Ciencias Explora
León
<http://www.explora.edu.mx>
explora@einstein.explora.edu.mx

53. Centro de Ciencias de Sinaloa
Culiacán
<http://www.ccs.net.mx>

Portugal

54. Museu de Ciência da Universidade de Lisboa
Lisboa
<http://www.museu-de-ciencia.ul.pt>
mc@museu-de-ciencia.ul.pt

55. Museu Nacional da Ciencia e da Técnica
Coimbra
<http://www.mnct.mct.pt>
ihct@mnct.mct.pt

56. Visionarium - Centro de Ciência do Europarque
Santa Maria da Feira
<http://www.visionarium.pt>
visionarium@mail.visionarium.pt

57. Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva
Lisboa
<http://www.pavconhecimento.mct.pt>
info@pavconhecimento.mct.pt

58. Exploratorio Infante D. Henrique
Coimbra
<http://nautilus.fis.uc.pt/exploratorio>
explora@mail.telepac.pt

59. Centro Ciencia Viva do Algarve
Faro
<http://www.ualg.pt/ccviva>
info@ciencia-viva-alg.rcts.pt

Reino Unido

60. British Museum
Londres
<http://www.thebritishmuseum.ac.uk>
information@thebritishmuseum.ac.uk

61. The National Museum of Science and Industry – Science Museum
Londres
<http://www.sciencemuseum.org.uk>
webmaster@nmsi.ac.uk

62. Techniquest
Cardiff
<http://www.tquest.org.uk>

63. Glasgow Science Center
Glasgow
<http://www.gsc.org.uk>
admin@gsc.org.uk

Venezuela

64. Museo de Ciencia y Tecnología de Mérida
Mérida
<http://www.mucyt.org.ve>
gjose@frontino.mucyt.org.ve

65. Museo de Ciencias
Caracas
<http://www.museo-de-ciencias.org.ve>
<http://216.147.93.42>
(Excluido debido a indisponibilidad)

66. Museo de los Niños
Caracas
<http://www.museodelosninos.org.ve>
(Excluido debido a indisponibilidad)

Anexo III – Taxonomías adoptadas

1. General - General

1.3. general.language: idioma

Se utilizará el estándar “ISO 639 - Codes for the representation of names of languages”¹.

1.8. general.aggregationlevel: nivel de agregación

Se utilizará la clasificación propia sugerida por en la LOM:

1. “datos puros o fragmentos multimedia”: el nivel de agregación más pequeño, por ejemplo, elementos multimedia o fragmentos de éstos. Se refiere a cualquier recurso que no se pueda descomponer en recursos componentes. Se aplica a ficheros ejecutables (con terminación “.exe”) o ficheros Macromedia Flash (con terminación “.swf”) que pueden incorporar otros recursos componentes en un paquete cerrado o protegido. Entretanto, no se aplica a ZIP y otros paquetes o ficheros cuyo objetivo es ser descompuestos.

2. “una colección de objetos de aprendizaje de nivel 1”: incluye a ZIP y otros paquetes que pueden ser accesibles como ficheros individuales, donde estos ficheros forman un único recurso agregado. También incluye una única página Web (o fichero HTML) que puede incorporar una o más imágenes. Por ejemplo, una lección.

3. “una colección de objetos de aprendizaje de nivel 2”: se refiere a recursos que se puedan descomponer en dos o más recursos, ellos mismos colecciones de fragmentos o datos puros. Este nivel de aglutinación incluye conjuntos de páginas Web (o sitio Web), donde una o más de estas páginas Web incorpora imágenes u otros recursos. Por ejemplo, un curso.

4. “el nivel mayor de granularidad”: se refiere simplemente a cualquier recurso que incorpore más de dos niveles de agregación, En este caso, un recurso de nivel 4 sería una combinación de otros recursos que a su vez no fueran completamente pasibles de descomposición en fragmentos o datos puros. Un recurso de nivel 4 también puede ser una colección de otros recursos de nivel 4. Estos agregados de objetos agregados múltiples pueden abarcar, pero limitarse a, cursos y programas de formación.

¹ Disponible en <http://www.loc.gov/standards/iso639-2/>.

2. Lifecycle: Ciclo de vida

Se utilizará el vocabulario propio sugerido por la LOM 1.0. Cada valor es descrito según las definiciones utilizadas en la iniciativa CanCore.

2.3.1. lifecycle.contribute.role: tipo de contribución

Autor: una entidad primaria responsable de originar el contenido del recurso. Un autor puede ser una persona, una institución, un grupo u otra entidad.

Editor: el individuo u organización responsable de hacer el recurso disponible, en otras palabras, público, en su forma actual, como una editorial, un departamento universitario o una entidad corporativa.

Desconocido: cualquier individuo u organización cuya contribución o papel no esté claro.

Iniciador: la persona, institución o agencia de financiación responsable de iniciar el proceso de desarrollo. Si el iniciador es la misma entidad que el autor, simplemente se citará una vez como autor.

Terminador: la persona o entidad responsable de, de forma intencionada, de hacer que el objeto pase a no estar disponible.

Validador: la persona o entidad responsable de confirmar la integridad global del recurso.

Editor: la persona o entidad responsable de la revisión del recurso, con el objetivo de publicación. Pueden seleccionar, compilar, revisar y estructurar el trabajo de múltiples autores o asegurar un estilo y prácticas de uso comunes.

Diseñador gráfico: el especialista o entidad responsable de la construcción de elementos visuales del recurso.

Desarrollador técnico: el especialista o entidad que utilizan *software* especializado en el desarrollo de un recurso, o como soporte técnico.

Proveedor de contenido: una persona o entidad que es responsable secundario del contenido del recurso. Puede ser un creador original, cuyo contenido se ha utilizado en parte o se ha modificado de forma significativa al ser agregado o digitalizado.

Validador técnico: la persona o entidad responsable de confirmar la integridad técnica del recurso.

Validador educativo: la persona o entidad responsable de confirmar la integridad educativa del recurso.

Guionista: la persona o entidad responsable de la creación de texto escrito o leído en audio, vídeo y/o recurso interactivo de aprendizaje. Utilice “autor” si el guionista también lo es del contenido del recurso completo.

Diseñador instructivo: el especialista o entidad responsable de aplicar principios basados en la investigación pedagógica al diseño de la instrucción.

Experto en la materia: la persona cualificada para proveer información acerca del contenido utilizado en el proceso de desarrollo.

3. Meta-data: Meta-metadatos

3.3.1. metadata.contribute.role

Se utilizará el vocabulario propio sugerido por la LOM 1.0. Cada valor es descrito según las definiciones utilizadas en la iniciativa CanCore:

Creador: la entidad (persona, institución, grupo o sistema de indización automático) responsable de crear o dar origen al contenido del registro de metadatos.

Validador: la entidad responsable de asegurar la integridad sintáctica y semántica del registro de metadatos de acuerdo con las reglas y recomendaciones de los esquemas de metadatos y mecanismos de control de calidad. Un validador puede ser una persona, sistema, institución u otra entidad.

4. Technical: Técnica

4.1. technical.format: formato

Se utilizará la lista de formatos utilizada por el proyecto MERLOT. Aunque existan listas de utilización en el ámbito internacional y de vocabulario controlado como la RFC 1521², consideramos que una lista limitada conteniendo solamente los formatos realmente utilizados resulta más útil.

- Java Applet
- Shockwave
- Flash
- Fichero Director

² Disponible en <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1521.html>.

- Fichero Authorware
- HTML/texto
- Vídeo
- Audio
- Imagen
- VRML
- Javascript
- ActiveX
- CD-Rom
- PDF
- Programa ejecutable
- Otro

5. Educational: Uso educativo

5.1. educational.interactivitytype: tipo de interactividad

Se utilizará una adaptación del “*GEM Pedagogy Element Controlled Vocabulary*”, del proyecto GEM. La descripción de cada método, se obtiene de diccionarios y tesauros en educación:

Lluvia de ideas: actividad o técnica para incentivar la generación creativa de ideas, por lo general un proceso de grupo, en el cual los miembros del grupo contribuyen con sugerencias de una forma espontánea, sin críticas.

Instrucción asistida por ordenador: técnica instructiva interactiva en la cual un ordenador es usado para presentar material, monitorizar el aprendizaje y seleccionar material instructivo adicional, de acuerdo con las necesidades individuales del aprendiz.

Simulación por ordenador: representación basada en ordenador de situaciones o sistemas reales

Aprendizaje cooperativo: situación de aprendizaje en la cual los estudiantes trabajan juntos en pequeños grupos y reciben recompensas o reconocimiento basado en su labor de grupo.

Demostración: método de enseñanza en el cual las explicaciones se dan mediante un ejemplo o experimento.

Cuaderno de bitácora: bitácora o cuaderno de notas utilizado por más de una persona para el intercambio de experiencias, ideas o reflexiones. Usado por lo general en educación como una forma de interacción escrita mantenida entre estudiantes y profesores en todos los niveles educativos.

Aprendizaje por descubrimiento: situación de aprendizaje en la cual el contenido principal de lo que se debe aprender no es dado, sino que debe ser descubierto por el aprendiz.

Discusiones: intercambio de opiniones algunas veces oral, otras escrito, por lo general para analizar, clarificar o alcanzar conclusiones sobre temas, cuestiones o problemas.

Aprendizaje por experiencia: aprendizaje mediante “hacer”, incluye conocimiento y habilidades adquiridas más allá de situaciones de aprendizaje mediante libro/aula, a través de trabajo, juego y otras experiencias de vida.

Conferencia: método de enseñanza en el cual la información se presenta de forma oral a la clase con una participación mínima de la clase.

Tutoría por pares: instrucción proporcionada por un aprendiz, o un grupo pequeño de aprendices, a través de instrucción directa con un compañero dotado de experiencia y entrenamiento apropiados

Instrucción programada: instrucción en la cual los aprendices progresan a su propio ritmo, utilizando libros de texto, libros de ejercicio y aparatos electromecánicos que proporcionan información en pasos discretos, probando el aprendizaje en cada paso y proporcionando retorno inmediato sobre los logros alcanzados.

Aprendizaje basado en proyectos - proporciona actividades que preparen para la vida al plantear situaciones reales, aprovechando el entorno cercano y la interacción del alumno con éste, en una variedad de formas que se traducen en proyectos.

Acercamiento temático - acercamiento de enseñanza que organiza los temas alrededor de temas unificadores.

Juego de rol: la interpretación deliberada de un rol (posiblemente un rol que una persona no ocupa normalmente), como parte de una sesión de aprendizaje, orientada hacia la comprensión de este papel o de situaciones de rol a los que los participantes deben hacer frente.

Módulos de aprendizaje a ritmo individual: el estudiante se encuentra libre para aprender a su propio ritmo y la velocidad de presentación de los materiales de aprendizaje no es decidida por un profesor, ordenador u otros estudiantes en un grupo.

Simulaciones y juegos: el uso de juegos de rol por los actores durante la operación de un modelo simbólico de un proceso social hipotético

Enseñanza en equipo: un arreglo donde un grupo de profesores cooperan para que sus clases tengan contacto con más de uno de los profesores durante una sesión o periodo de aprendizaje.

Instrucción visual: instrucción con una gran variedad de materiales ilustrativos como forma de apoyo en la comprensión de los estudiantes.

5.2. educational.learningresourcetype: tipo de recurso educativo

Se utilizará el vocabulario de la *Digital Library for Earth System Education* (DLESE³), pues el objetivo de este proyecto es precisamente la educación de ciencias en los ámbitos formal e informal, de forma que las actividades y recursos proporcionados se adecuan a los acercamientos pedagógicos como el aprendizaje investigativo y, lo que nos resulta más interesante, las excursiones de campo y visitas a museos y centros de ciencia.

Audio: un recurso cuyo contenido sea principalmente audio, sin la presencia de componentes visuales.

- **Audio libro:** una grabación en audio de un libro impreso.
- **Audio webcast:** el componente en audio de una emisión capturada digitalmente a través de la Web.
- **Conferencia:** una grabación en audio de un discurso o instrucción en clase.
- **Música:** una grabación de sonidos vocales, instrumentales o mecánicos dotados de ritmo, melodía o armonía.
- **Historia oral:** grabación de información histórica obtenida de entrevistas acerca de experiencias personales y memorias.
- **Emisión de radio:** grabación de un informativo, entrevista u otra forma de presentación oral, originalmente generada a través del radio.
- **Sonido:** material auditivo grabado (por ejemplo, del mundo natural, ruidos mecánicos o tonos).

Datos: información estructurada codificada en listas, tablas, bases de datos, etc., que normalmente estarán en un formato disponible para el procesamiento por máquina.

- **Conjunto de datos in situ:** medidas de datos generadas cuando el instrumento de medición y el medio se encuentran en contacto directo.
- **Conjunto de datos modelado:** datos generados por ecuaciones, modelos computacionales y simulaciones numéricas.
- **Conjunto de datos medido remotamente:** datos de medición generados cuando el instrumento de medición y el medio no se encuentran en contacto directo.

³ Disponible en <http://www.dlese.org>.

Materiales de aprendizaje: materiales preparados para uso por estudiantes y profesores en el aula, campo u otro entorno de aprendizaje. Algunos de los siguientes materiales encajan en una jerarquía, con alcance, especificidad y duración implícitos.

- **Evaluación:** materiales diseñados para medir el aprendizaje del alumno (exámenes, cuestionarios) o para ayudar al profesor en el diseño y desarrollo de otros materiales. También incluye material que soporte a evaluaciones existentes (conjunto de respuestas) y materiales que se relacionen con la filosofía de la evaluación (artículos sobre tareas, por ejemplo).
- **Estudio de caso:** un análisis intensivo de una unidad individual (una persona o una comunidad), con énfasis en los factores de desarrollo en relación con el entorno o un estudio científico de una localidad o región.
- **Actividad en aula:** ejercicio o tarea realizada en aula, situado dentro de un plan de lección para ayudar a que los alumnos desarrollen determinadas habilidades, conocimientos o hábitos mentales.
- **Actividad en ordenador:** ejercicio o tarea realizada con el apoyo del ordenador, situado dentro de un plan de lección para ayudar a que los alumnos desarrollen determinadas habilidades, conocimientos o hábitos mentales.
- **Curso:** secuencia de unidades de instrucción, designados por un profesor (o un grupo de profesores), para mejorar de forma significativa las habilidades, conocimientos y hábitos mentales de los estudiantes, en una disciplina determinada, así como ayudar a los estudiantes alcanzar los requerimientos especificados.
- **Currículo:** programa de estudio. Los ejemplos incluyen estándares académicos (conocimiento, habilidades y hábitos mentales que se espera que los alumnos adquieran en un determinado grado) y las unidades de instrucción dotadas de planes de lección y actividades estudiantiles ilustradas, así como recursos esenciales y suplementarios para que los alumnos alcancen estos estándares.
- **Actividad de campo:** tarea o ejercicio realizada en campo, generalmente dentro como parte de un plan de lección u otra unidad de instrucción.
- **Guía de excursión de campo:** instrucciones y sugerencias para experiencias de aprendizaje fuera del aula, tanto generales como específicas, para una localidad en particular.
- **Guía del instructor:** material de soporte para los profesores, acerca del uso de los materiales de aprendizaje en cuanto a sus objetivos, gestión de la clase, materiales, evaluación y material adicional de referencia.
- **Actividad de laboratorio:** tarea o ejercicio basado en el laboratorio que los estudiantes deben realizar, como parte de un plan de lección u otra unidad de instrucción.

- **Plan de lección:** un plan para auxiliar los estudiantes a aprender un conjunto determinado de habilidades, conocimientos y hábitos mentales. Incluye actividades así como ideas para la enseñanza, materiales instructivos y otros recursos. Tiene una duración menor y frecuentemente es parte de una unidad o módulo.
- **Módulo o unidad:** secuencia de planes de lección, diseñados para enseñar un conjunto de habilidades, conocimientos y hábitos mentales.
- **Presentación o demostración:** una representación formal de ideas, destinada a una audiencia.
- **Problema:** una serie de tareas o cuestiones asignadas al estudiante, como en un deber de casa.
- **Proyecto:** actividades organizadas alrededor de un tópico académico particular. Los objetivos y resultados pueden ser amplios y la interacción con otros grupos a través de Internet puede constituir un componente.
- **Programa de estudios:** esquema general de cursos y módulos, así como sus contenidos. Material de carácter general que describe un curso o unidad de estudio.
- **Tutorial:** un recurso que proporciona información práctica y de forma guiada a un determinado alumno.
- **Excursión de campo virtual:** un conjunto de recursos visuales y textuales en línea que simulan la experiencia de excursión de campo en un entorno electrónico.

Portal: sitio Web de gran tamaño y complejo, que abarca una gran variedad de recursos relacionado y promovido por una organización o por un grupo de ellas.

- **Portal comercial:** promovido por una empresa.
- **Portal educativo:** promovido por una institución educativa, de índole formal o informal.
- **Portal gubernamental:** promovido por una institución gubernamental.
- **Portal sin ánimo de lucro:** promovido por organizaciones no gubernamentales o sin ánimo de lucro.

Servicio: un sistema que proporciona una o más funciones de valor para el usuario final.

- **Pregunte a un experto:** un sitio Web donde el usuario puede enviar cuestiones para que un individuo o un grupo de personas expertos en un campo o área de interés la contesten.
- **“Clearinghouse”:** un sitio Web que ofrece enlaces a otros sitios Web, organizados alrededor de un tópico o conjunto de tópicos.
- **Foro o discusión:** una interfaz donde un grupo de individuos puede involucrarse en una discusión basada en texto acerca de un tema particular, tanto de forma síncrona como asíncrona.

- **Servidor de lista:** comunicaciones basadas en correo electrónico que son distribuidas a los miembros del grupo a través de una dirección única de correo electrónico, generalmente acerca de un determinado tópico.
- **Foro de mensajes:** interfaz donde individuos pueden publicar información, pedidos o ideas para visualización por parte de otros individuos.
- **Mecanismo de búsqueda:** mecanismo a través del cual la WWW o un sub-componente se busca mediante una consulta de texto proporcionada por el usuario.

Texto: un recurso cuyo contenido sea esencialmente palabras destinadas a la lectura.

- **Resumen:** una versión condensada de una obra más grande, destacando sus puntos principales.
- **Anotación:** revisiones o comentarios acerca de un recurso.
- **Libro:** una composición escrita larga.
- **Glosario:** una colección de términos especializados junto con sus significados.
- **Índice o bibliografía:** un listado de información bibliográfica o citas, dispuestas en orden alfabético de un determinado *datum* (como por ejemplo autor, tema o palabra clave); una lista con notas descriptivas o críticas relacionadas con un determinado tema, período o autor; las obras o lista de obras referenciadas en un texto o consultadas por su autor en su producción.
- **Artículo:** escritos que aparecen en una publicación periódica, por lo general dotada de revisión por pares o de naturaleza académica, compartiendo ideas o resultados de investigación.
- **Periódico:** una publicación producida según una programación temporal predecible (diaria, semanal, mensual, anual).
- **Política o procedimiento:** un documento que contiene declaraciones o una serie de pasos para alcanzar un objetivo.
- **Actas:** una colección de artículos o resúmenes presentados en un determinado congreso, encuentro o evento.
- **Propuesta:** un documento formal que describa un determinado proyecto, plan o idea.
- **Referencia:** una obra que contenga información útil (por ejemplo, guías de usuarios, manuales técnicos).
- **Informe:** relato detallado, con los resultados o eventos de un evento, reunión, actividad o estudio.
- **Tesis:** obra académica para la obtención de un grado académico.

Herramienta: auxilia en el cumplimiento de una tarea.

- **Herramienta de cálculo o conversión:** por ejemplo de unidades de medición.

- **Código:** permite la mejoría del recurso, por lo general no es independiente (por ejemplo, modelos numéricos, *applets*, código de ordenador).
- **Software:** permite el acceso, las interacciones o la habilidad de ejecutar recursos, de forma independiente.

Visual: representaciones visuales de carácter realista o símbolos, que no sean texto.

- **Ilustración artística:** representación visual no generada a partir de datos y no destinada a ilustrar un concepto o proceso científico.
- **Mapa:** representaciones de un único punto en el espacio o en el tiempo que ilustre de manera estática las características físicas de un entorno. Para mapas del tiempo, utilizar visualización científica.
- **Fotografía:** imagen obtenida remotamente: imágenes generadas a partir de mecanismos de medición que no estén en contacto con el medio (por ejemplo, radar o satélite).
- **Ilustración científica:** imágenes fijas o animadas, no basadas en datos, pero con el objetivo de ilustrar conceptos o procesos científicos (por ejemplo, diagrama, gráfico, figura, realidad virtual).
- **Visualización científica:** imágenes generadas a partir de datos o modelos computacionales y simulaciones.
- **Vídeo:** por ejemplo, entrevistas, conferencias, películas, fragmentos, etc.
- **Webcast visual:** una emisión capturada digitalmente a través de la Web.

5.5. educational.intendeduserrole: destinatario

Se utilizará el vocabulario propio sugerida por la LOM 1.0. Cada valor es descrito según las definiciones utilizadas en la iniciativa CanCore:

Profesor: una persona que enseña o instruye; un instructor.

Autor: la persona que origina o que da existencia a algo.

Aprendiz: una persona que aprende, o recibe instrucción.

Administrador: una persona que organiza, dirige o planifica algo; una persona que regula recursos. Un administrador se puede considerar de forma amplia como un equivalente a valores específicos no incluidos en esta lista, como por ejemplo “padres”, “guardianes” o “supervisores”.

5.6. educational.context

El vocabulario de contexto educativo se ha elaborado a partir de los niveles del sistema educativo español:

- Educación infantil
- Educación primaria
- Educación secundaria
- Educación universitaria
- Formación profesional
- Entrenamiento y capacitación

5.7. educational.typicalagerange: rango típico de edades

El vocabulario de rango de edades se ha elaborado a partir de las edades aproximadamente correspondientes a los niveles del sistema educativo español:

- 3-6 años
- 6-12 años
- 12-16 años
- 16-18 años
- 18 años en adelante

6. Rights: Derechos

6.1. rights.cost: coste

Se utilizará el vocabulario propio sugerida por la LOM 1.0. Más que indicar el coste asociado a un recurso educativo se trata de informar si lo hay o no:

- Sí
- No

6.2. rights.copyrightandotherrestrictions: derechos de autor y otras restricciones

Se utilizará el vocabulario propio sugerida por la LOM 1.0. Más que indicar los derechos de autor y otras restricciones al uso del recurso, se trata de informar si las hay o no:

- Sí
- No

7. Relation - Relación

7.1. relation.kind: tipo

Se utilizará el vocabulario propio sugerida por la LOM 1.0.:

es versión de: el recurso descrito es una versión, edición, o adaptación del recurso referenciado. Cambios de versión implican cambios sustanciales en el contenido del recurso, más que diferencias de formato.

tiene versión: el recurso descrito tiene una versión, edición o adaptación en el recurso referenciado.

es requerido por: el recurso descrito es requerido por recurso referenciado, física o lógicamente.

requiere: el recurso descrito requiere el recurso referenciado para soportar su función o coherencia de contenido.

es parte de: el recurso descrito es una parte física o lógica del recurso referenciado.

tiene parte: el recurso descrito incluye el recurso referenciado de forma física o lógica.

es referenciado por: el recurso descrito es referenciado o citado por el recurso referenciado.

referencia: el recurso descrito referencia o cita al recurso referenciado.

es formato de: el recurso descrito posee el mismo contenido intelectual del recurso referenciado, pero se presenta en un formato distinto.

tiene formato: el recurso descrito preexistió al recurso referenciado, que es esencialmente el mismo contenido intelectual presentado en un formato distinto.

se basa en: el recurso descrito es derivado, en todo o en parte, del recurso referenciado. Utilizar este término para cualesquiera tipos de revisiones, correcciones, cambios, etc. que no están cubiertos de forma adecuada por “es versión de” o “es formato de”.

es base para: el recurso referenciado es derivado, en todo o en parte, del recurso descrito. Utilizar este término para cualesquiera tipos de revisiones, correcciones, cambios, etc. que no están cubiertos de forma adecuada por “tiene versión” o “tiene formato”.

9. Classification - Clasificación

9.1. classification.purpose: propósito

El esquema de metadatos de la LOM 1.0 permite la clasificación del recurso según distintos objetivos. Consideramos relevantes para el proyecto la clasificación según:

Disciplina: una rama de la instrucción o educación, un compartimento del aprendizaje o del conocimiento, una ciencia o arte en su aspecto educativo. Utilizado para clasificar un recurso de acuerdo con su uso por departamentos disciplinarios o unidades en una organización.

9.2.1. classification.source: fuente

Se utilizará la *Dewey Decimal Classification*⁴ (DCC), por su estabilidad y madurez, utilización en el ámbito internacional y vocabulario controlado.

⁴ Más información en <http://www.oclc.org/dewey>.

Anexo IV – Diagramas estructurales

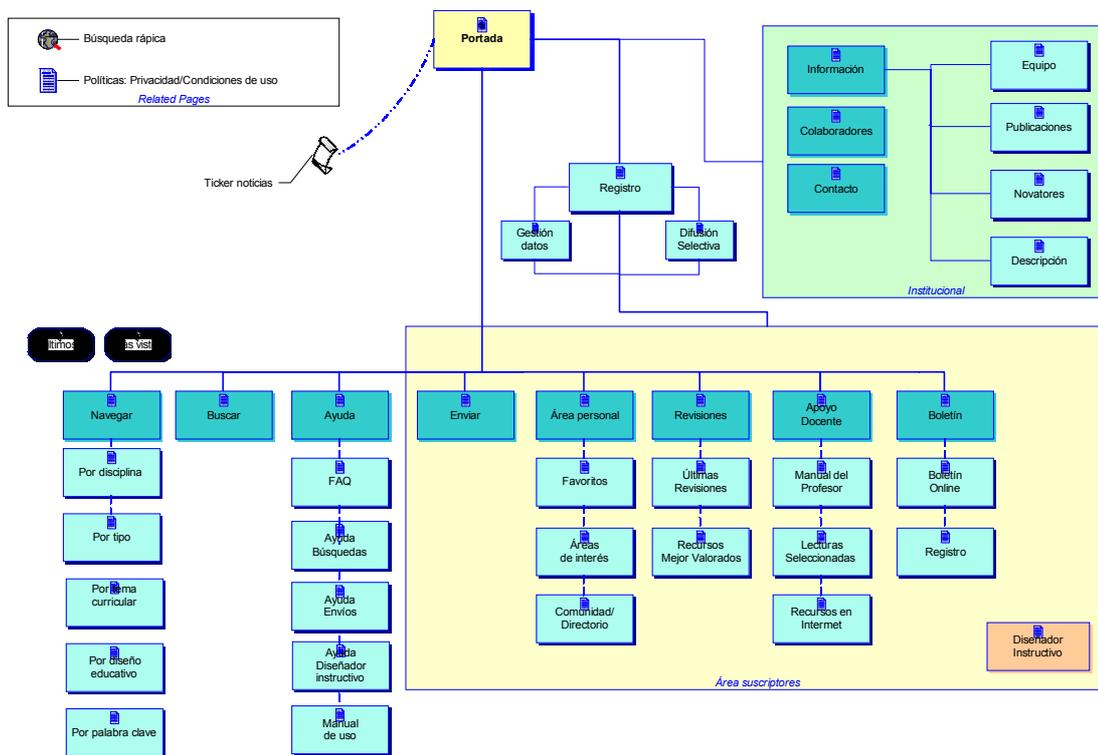


Diagrama de la estructura general del Repositorio

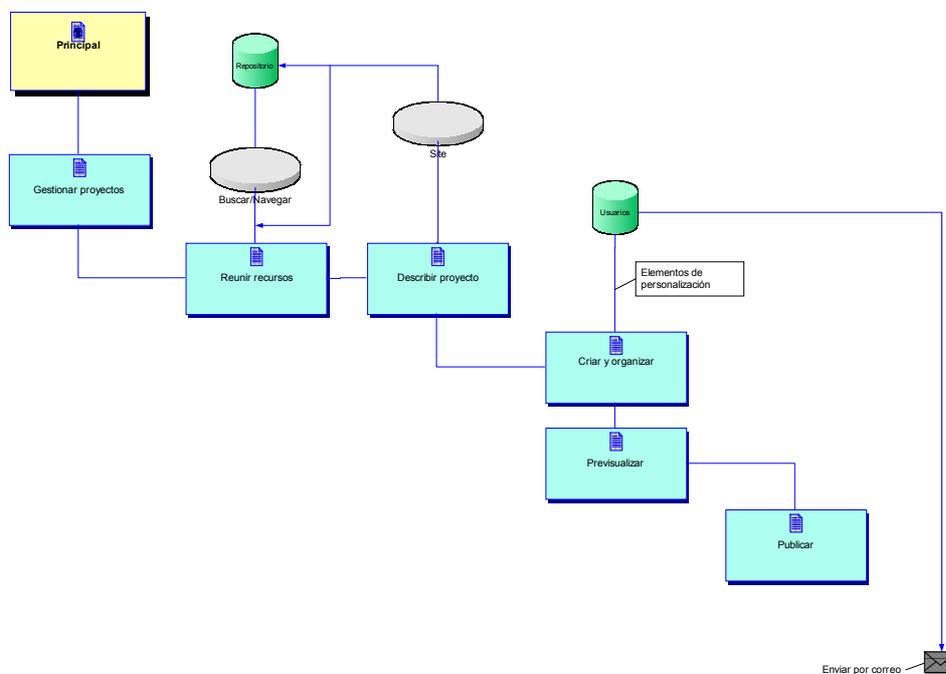


Diagrama de la estructura de navegación en el Diseñador Instructivo