

**Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Agrarias y  
Forestales**



***Calidad panadera de variedades de  
trigo puras y sus mezclas. Influencia  
del agregado de aditivos.***



*Ing. Agr. Nora R. Ponzio  
Tesis de Magíster Scientiae  
2010*

*El presente trabajo de tesis para optar por el título de Magister Scientiae de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, bajo la dirección de la*  
**Dra. María Cecilia Puppo**  
Co-dirección de la  
**Dra. Cristina Ferrero**

## AGRADECIMIENTOS

*A mis padres: a mi madre, quien me enseñó no sólo a leer y escribir sino también el amor y la pasión por la lectura. A mi padre, de quien aprendí el tesón por el trabajo, el orgullo por el trabajo honesto y el valor de la amistad.*

*A mis hijos por el apoyo y la aceptación de la búsqueda apasionada de mi camino.*

*A mi compañero de esta parte de mi vida, por su respeto por mi trabajo y el apoyo incondicional.*

*A los amigos, los de las buenas y las malas, los que están y los que ya no están, porque todos han puesto su granito de aliento para que confiara en mis capacidades y llegara hasta aquí.*

*Al maravilloso par de personas que la vida me regaló en esta etapa de mi vida: María Cecilia Puppo y Cristina Ferrero, no sólo Directora y Co-Directora, sino reales y cabales docentes, formadoras de alguien que vino con algunas malas experiencias y unas pocas ideas claras de lo que quería; ellas me enseñaron lo que significa ser partícipe de un grupo de investigación y me permitieron crecer.*

*Al Grupo Trigo del CIDCA por los gratos momentos compartidos y a la Planta Docente de la Maestría por su capacidad, conocimientos y sencillez puestas al servicio de mi formación.*

*Además, la autora desea agradecer a Buck Semillas y Criadero Klein por la provisión del material utilizado en la realización de esta Tesis y su constante compromiso con la investigación, al Dr. W.J. Rogers por el aporte de los patrones internacionales de gluteninas de alto peso molecular, al FONCYT por el aporte financiero.*

*Al Programa de Formación de Recursos Humanos de la Facultad de Agronomía de Azul, por el apoyo para realizar este Posgrado.*

*Por último y muy especialmente, mi agradecimiento a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Universidad Nacional de La Plata) por la beca que me otorgara para la realización de esta Maestría, considerándome como docente de la casa. Tengo para con ellos una deuda de gratitud que algún día espero poder saldar.*

*Nora*

Los resultados presentados en este trabajo de Tesis han sido parcialmente publicados en:

**REVISTAS CON REFERATO:**

- Ponzio, N, C. Ferrero and M.C. Puppo, 2010. *Wheat varietal flours: influence of pectina and DATEM on dough and bread quality. Submitted to International Journal of Food Properties. In Press (may 2010)*
- Ponzio, N.R., M.C. Puppo y C Ferrero. *Mixtures of two argentinian cultivars of different quality: a study on breadmaking performance. Cereal Chem. 85, 579-585. ISSN 0009-0352 (2008).*

**RESÚMENES EXPANDIDOS CON REFERATO**

- Ponzio; N.R., C. Ferrero and M.C. Puppo. *Influencia del DATEM en las características reológicas de masas de harinas de trigo varietales de diferente calidad. III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina, 2009.*
- Ponzio; N.R., C. Ferrero and M.C. Puppo. *Comportamiento reológico y performance panadera de mezclas de harinas varietales en presencia de aditivos. III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina, 2009.*
- *Simposio del Programa CYTED PANXTODOS, Tema "Emulsificantes e hidrocoloides incorporados a harinas de trigo mezcla y de variedades puras. Calidad de masas y panes." Red CYTED 2005 N° 106AC030. "Obtención de productos de panificación para necesidades específicas". Junio 2008 Madrid. España.*

- Ponzio, Nora R., Cristina Ferrero, and María Cecilia Puppo. Influence of additives on physical, textural and sensorial properties of breads obtained with argentinean varietal flours. 13er ICC Cereal and Bread Congress, Madrid, España, junio 2008.
- Ponzio, Nora R, Cristina Ferrero y María Cecilia Puppo.2007. Wheat varietals flours: rheological and baking performance changes in the presence of additives. **Seleccionado para presentación oral.** 1ra Conferencia Latinoamericana ICC, Rosario.
- Ponzio, Nora R., María Cecilia Puppo y Cristina Ferrero. Parámetros reológicos de masas de harinas de trigo de variedades puras y sus mezclas: relación con la calidad panadera. XI Congreso CyTAL, Buenos Aires 2007.
- Ponzio, Nora R., Cristina Ferrero y María Cecilia Puppo Influencia de diferentes aditivos en las propiedades reológicas de masas de cultivares de trigo de distinta calidad. Congreso CyTAL, Córdoba 2006.
- Ponzio, Nora R, María Cecilia Puppo y Cristina Ferrero. Caracterización de harinas y masas de dos cultivares de trigo de distinta calidad y sus mezclas. Congreso CyTAL, Córdoba 2006.

**INDICE GENERAL****CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

<b>1. La Agricultura y los cereales</b>	<b>1</b>
<b>2. El Trigo</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Origen y dispersión</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Panorama Mundial</b>	<b>3</b>
<b>2.3. Panorama Argentino</b>	<b>4</b>
<b>2.3.1. Regiones de cultivo</b>	<b>6</b>
<b>2.3.2. Destino de la producción argentina</b>	<b>9</b>
<b>2.3.3. Genotipo, fertilización y calidad de trigo</b>	<b>11</b>
<b>2.4. Estructura del grano</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1. Descripción</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1.1. Pericarpio</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1.2. Cubierta de la semilla y epidermis nucelar</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1.3. Capa de aleurona</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1.4. Germen o embrión</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1.5. Endosperma</b>	<b>23</b>
<b>2.4.2. Composición del grano</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2.1. Almidón</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2.1.1. Amilosa</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2.1.2. Amilopectina</b>	<b>27</b>
<b>2.4.2.2. Polisacáridos no amiláceos</b>	<b>28</b>
<b>2.4.2.2.1. Celulosa</b>	<b>28</b>
<b>2.4.2.2.2. Hemicelulosas y pentosanos</b>	<b>29</b>
<b>2.4.2.2.3. <math>\beta</math>- Glucanos</b>	<b>30</b>
<b>2.4.2.2.4. Glucofructanos</b>	<b>30</b>
<b>2.4.2.3. Azúcares</b>	<b>30</b>
<b>2.4.2.4. Lípidos</b>	<b>31</b>
<b>2.4.2.5. Enzimas</b>	<b>31</b>
<b>2.4.2.5.1. Amilasas</b>	<b>31</b>
<b>2.4.2.5.2. Proteasas</b>	<b>32</b>

2.4.2.5.3.	<i>Lipasas</i>	32
2.4.2.5.4.	<i>Fitasa</i>	32
2.4.2.6.	<i>Minerales y Vitaminas</i>	33
2.4.2.7.	<i>Proteínas</i>	33
3.	<i>Molienda de trigo</i>	34
3.1.	<i>Recepción y almacenamiento del grano</i>	35
3.2.	<i>Análisis y clasificación del trigo</i>	36
3.3.	<i>Limpieza y acondicionamiento del grano</i>	37
3.3.1.	<i>Limpieza</i>	37
3.3.2.	<i>Acondicionamiento</i>	38
3.4.	<i>Proceso de molienda</i>	39
3.4.1.	<i>Molienda</i>	39
3.4.2.	<i>Subproductos de la molienda</i>	44
4.	<i>Harina de trigo</i>	44
4.1.	<i>Caracterización físico-química y reológica de harinas</i>	46
4.1.1.	<i>Ensayos reológicos tradicionales</i>	46
4.1.2.	<i>Hidratación de la harina de trigo: formación de masa</i>	48
4.1.3.	<i>Caracterización reológica de masas</i>	49
5.	<i>Proteínas de trigo: gliadinas y gluteninas</i>	52
5.1.	<i>Gluteninas de cultivares</i>	55
5.1.1.	<i>Clasificación de cultivares según HMWG</i>	58
5.1.2.	<i>Clasificación de cultivares argentinos</i>	61
6.	<i>Panificación</i>	63
6.1.	<i>Proceso de panificación</i>	63
6.1.1.	<i>Formación de masa pan</i>	64
6.1.2.	<i>Fermentación de masa pan</i>	65
6.1.3.	<i>Moldeado y cocción de las piezas panarias</i>	66
6.2.	<i>Calidad panadera</i>	67
6.3.	<i>Uso de aditivos en panificación</i>	67
6.3.1.	<i>Emulsificantes</i>	68
6.3.2.	<i>Hidrocoloides</i>	69
6.4.	<i>Calidad sensorial</i>	70

**CAPITULO II. HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

<b>1. Hipótesis</b>	<b>72</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>72</b>
<b>2.1. Objetivo general</b>	<b>72</b>
<b>2.2. Objetivos específicos</b>	<b>73</b>

**CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS**

<b>1. Obtención y conservación de harinas</b>	<b>74</b>
<b>2. Aditivos utilizados</b>	<b>74</b>
<b>3. Diseño experimental</b>	<b>74</b>
<b>4. Análisis físico-químico de las harinas</b>	<b>74</b>
<b>4.1. Proteína</b>	<b>75</b>
<b>4.2. Gluten húmedo</b>	<b>75</b>
<b>4.3. Humedad</b>	<b>75</b>
<b>4.4. Cenizas</b>	<b>75</b>
<b>4.5. Tamaño de partícula</b>	<b>75</b>
<b>4.6. Almidón dañado</b>	<b>75</b>
<b>4.7. Color</b>	<b>76</b>
<b>4.8. Propiedades de hidratación</b>	<b>76</b>
<b>4.8.1. Índice de retención de agua alcalina (IRAA)</b>	<b>76</b>
<b>4.8.2. Capacidad de retención de solventes (SRC)</b>	<b>77</b>
<b>4.8.3. Capacidad de absorción de agua (WIC)</b>	<b>77</b>
<b>4.8.4. Test de Sedimentación en SDS (SDSSTEST)</b>	<b>77</b>
<b>4.9. Análisis de proteínas</b>	<b>78</b>
<b>4.9.1. Extracción de proteínas</b>	<b>78</b>
<b>4.9.1.1. Gliadinas</b>	<b>78</b>
<b>4.9.1.2. Gluteninas</b>	<b>79</b>
<b>4.9.2. Separación de proteínas</b>	<b>79</b>
<b>4.9.3. Caracterización e identificación de subunidades</b>	<b>79</b>
<b>5. Caracterización reológica y estructural de masas</b>	<b>80</b>

<b>5.1. Ensayos reológicos tradicionales</b>	<b>80</b>
<b>5.1.1. Farinograma</b>	<b>80</b>
<b>5.1.2. Alveograma</b>	<b>81</b>
<b>5.2. Ensayos reológicos no tradicionales</b>	<b>81</b>
<b>5.2.1. Formulación de masas</b>	<b>81</b>
<b>5.2.2. Análisis de Perfil de Textura de masas (TPA)</b>	<b>82</b>
<b>5.2.3. Ensayos reológicos dinámicos de masas</b>	<b>84</b>
<b>5.3. Microestructura de masas</b>	<b>85</b>
<b>6. Proceso de panificación</b>	<b>85</b>
<b>6.1. Curvas de fermentación</b>	<b>85</b>
<b>6.1.1. Ensayos previos. Elección del tipo de levadura</b>	<b>85</b>
<b>6.1.2. Ensayos con harinas varietales</b>	<b>86</b>
<b>6.2. Elaboración de masa pan</b>	<b>86</b>
<b>6.3. Formulación, leudado y cocción de las piezas</b>	<b>86</b>
<b>6.4. Evaluación de la calidad de las piezas panarias</b>	<b>87</b>
<b>6.4.1. Volumen, peso y forma de las piezas panarias</b>	<b>87</b>
<b>6.4.2. Análisis textural de las piezas panarias</b>	<b>88</b>
<b>6.4.3. Análisis de color de miga y corteza de los panes</b>	<b>89</b>
<b>6.4.4. Evaluación sensorial de los panes</b>	<b>90</b>
<b>6.4.4.1. Diseño del ensayo</b>	<b>90</b>
<b>6.4.4.2. Hipótesis</b>	<b>91</b>
<b>7. Análisis Estadístico</b>	<b>92</b>

#### **CAPITULO IV. CARACTERIZACIÓN DE HARINAS VARIETALES Y SUS MEZCLAS**

<b>1. Propiedades físico-químicas de las harinas varietales</b>	<b>93</b>
<b>1.1. Tamaño de partícula</b>	<b>93</b>
<b>1.2. Almidón dañado</b>	<b>94</b>
<b>1.3. Propiedades de hidratación</b>	<b>94</b>
<b>2. Caracterización del perfil proteico de las harinas</b>	<b>95</b>
<b>2.1. Identificación de proteínas</b>	<b>95</b>

2.2. <i>Calidad de gluten</i>	96
3. <i>Propiedades reológicas y microestructura de masas</i>	97
3.1. <i>Comportamiento de las harinas durante el amasado</i>	97
3.2. <i>Viscoelasticidad de masas</i>	101
3.3. <i>Textura de masas</i>	103
3.4. <i>Microestructura de masas</i>	104
4. <i>Proceso de panificación</i>	106
4.1. <i>Curvas de fermentación</i>	106
4.2. <i>Calidad de las piezas panarias</i>	106
4.2.1. <i>Descriptores físicos</i>	106
4.2.2. <i>Textura de las piezas panarias</i>	110
4.2.3. <i>Color de miga y corteza</i>	114
5. <i>Conclusiones parciales</i>	115

## **CAPITULO V. EFECTO DE ADITIVOS EN HARINAS VARIETALES**

1. <i>Propiedades reológicas y microestructura de masas</i>	116
1.1. <i>Comportamiento de las harinas durante el amasado</i>	116
1.2. <i>Textura de masas</i>	120
1.3. <i>Viscoelasticidad de masas</i>	121
1.4. <i>Microestructura de masas</i>	123
2. <i>Panificación</i>	126
2.1. <i>Calidad de las piezas panarias</i>	126
2.1.1. <i>Descriptores físicos</i>	126
2.1.2. <i>Textura de las piezas panarias</i>	129
2.1.3. <i>Color de los panes</i>	131
3. <i>Conclusiones parciales</i>	132

## **CAPITULO VI. EFECTO DE ADITIVOS EN MEZCLAS DE HARINAS VARIETALES**

<b>1. Propiedades reológicas y microestructura de masas</b>	<b>133</b>
<b>1.1. Influencia de los aditivos en los parámetros alveográficos</b>	<b>133</b>
<b>1.2. Influencia de los aditivos en los parámetros farinográficos</b>	<b>135</b>
<b>1.3. Textura de masas</b>	<b>137</b>
<b>1.4. Microestructura de masas</b>	<b>141</b>
<b>2. Panificación</b>	<b>143</b>
<b>2.1. Calidad de las piezas panarias</b>	<b>143</b>
<b>2.1.1. Descriptores físicos</b>	<b>143</b>
<b>2.1.2. Textura de las piezas panarias</b>	<b>147</b>
<b>2.1.2.1. Textura de miga</b>	<b>147</b>
<b>2.1.2.2. Dureza de corteza</b>	<b>149</b>
<b>3. Conclusiones parciales</b>	<b>151</b>

## **CAPITULO VII. ATRIBUTOS SENSORIALES DE LOS PANES**

<b>1. Atributos sensoriales de los panes</b>	<b>152</b>
<b>2. Relaciones entre parámetros físicos y sensoriales de los panes</b>	<b>159</b>
<b>3. Conclusiones parciales</b>	<b>164</b>

## **CAPITULO VIII. CONCLUSIONES GENERALES**

## **CAPITULO IX. BIBLIOGRAFÍA**

## **CAPITULO X. ANEXOS**

- I- Calidad industrial de variedades Trigo Pan**
- II- Propuesta de clasificación de trigo. AAPROTRIGO-INTA Año 2002**
- III- Norma de comercialización de Trigo pan, Res. 1262/2004, NORMA XX**
- IV- Cuestionario de Aceptabilidad por atributos de Panes de harinas  
varietales con aditivos.**

CAPÍTULO I  
***INTRODUCCION***



## **1- La Agricultura y los cereales**

*Desde los tiempos en que los hombres eran cazadores-recolectores, su relación con los alimentos ha sido la de consumidores primarios (consumo de vegetales), secundarios (carne) y en menor medida terciarios (consumiendo carne de animales carnívoros) (Boyden, 1992). El conocimiento de las características intrínsecas de los vegetales y del espacio-tiempo que de ellos tenían los hombres de la antigüedad hace que se considere a ésta como la primera etapa de la agricultura.*

*El cambio de hábito (recolección a agricultura) se considera uno de los eventos más trascendentales en la historia de la humanidad. Este hecho representa además el establecimiento de un nuevo ambiente: el agrohábitat, con nuevas relaciones entre los individuos y las especies.*

*El establecimiento del agrohábitat, como marco de desarrollo y producción de las especies vegetales seleccionadas implica la participación del hombre en uno o varios estadios del ciclo de las plantas (Bell y Walker, 1992) obteniendo uno o varios productos en diferentes etapas del cultivo. La selección por parte del hombre implicó la eliminación de genotipos a favor de otros por ejemplo, por tamaño y sabor de los frutos. Los granos, en general, han sido la base de las civilizaciones. De su producción y distribución, depende la alimentación en el mundo; y de su calidad, la mejora en la alimentación.*

*No existe consenso sobre la antigüedad de la agricultura, sin embargo los restos arqueológicos sugieren que no tiene más de 10000 años (Ladizinsky, 1985; Burenhult, 1993), por ejemplo restos de lentejas en Asia (7000 años), restos de calabazas y frijoles en el norte de México de la misma antigüedad y fragmentos de maíz de entre 5000 y 6000 años en Tehuacán (México).*

*El principal suplemento de energía de la dieta, en la mayor parte del mundo, proviene de dos grupos de plantas: 1) los cereales y 2) los tubérculos y raíces reservantes (papa, mandioca, batata). Los **cereales** son, sin duda, los de mayor importancia en el mundo agrícola con cuatro especies que contribuyen en mayor medida: trigo, maíz, arroz y sorgo. Cada uno de ellos ha contribuido al establecimiento de grandes grupos humanos y al desarrollo de grandes culturas.*

*Los cereales presentan algunas características que los hacen excepcionalmente aptos para el consumo humano y que han determinado su inclusión en la dieta humana desde tiempos remotos.*

*Su plasticidad les permite adaptarse a diferentes climas: cerca del Círculo Polar Ártico (avena en el Escudo Báltico, al norte de Europa), pasando por zonas tropicales (arroz en India e Indochina, sorgo en África, maíz en Centro y Sudamérica) y templadas a templado-frías (trigo, cebada en Europa, América del Norte, Australia y el cono sur de América del sur) y a una amplia gama de altitudes: desde el nivel del mar hasta 4000 m de altura (Evans y Peacock, 1981).*

*Los cereales son plantas anuales, que florecen, fructifican y mueren en un lapso de entre 4 y 9 meses, de elevada producción, fáciles de sembrar y cosechar. El bajo contenido de agua en el grano permite una fácil conservación por largos períodos sin perder valor alimenticio ni poder germinativo. A esto debe sumársele que no presentan mayores dificultades en el transporte.*

*Por último y no menos importante, los cereales representan la mayor fuente de energía en la dieta de los humanos y de fácil digestibilidad.*

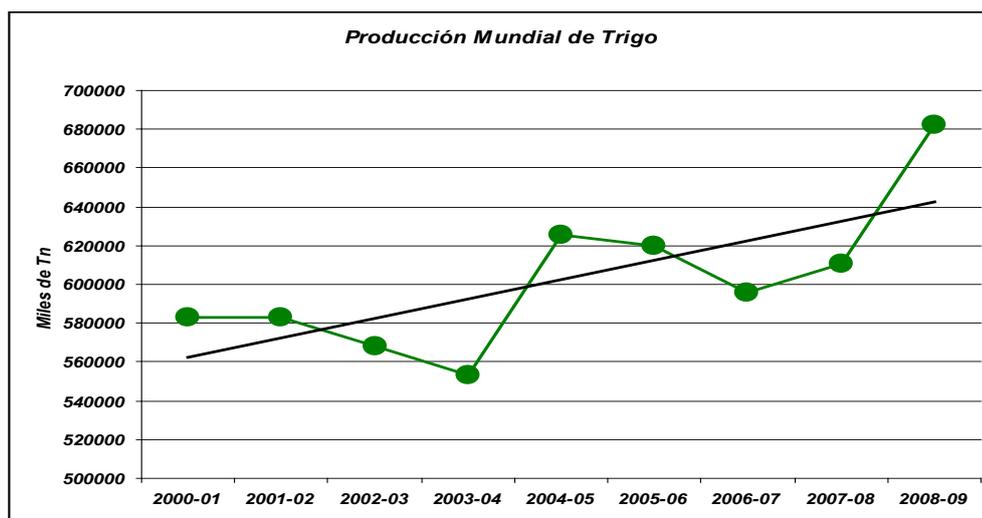
## **2- El Trigo**

### **2.1- Origen y dispersión**

*Entre los cereales, el **trigo** es uno de los más antiguos conocidos por el hombre (10000 años) y la molienda de sus granos es un proceso aún más antiguo que la agricultura, ya que los granos de trigo recolectados eran triturados con piedras que hacían las veces de morteros. El origen del actual trigo cultivado se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates. Desde Oriente medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones principalmente a Europa y a las fértiles llanuras de la Rusia europea. Las colonizaciones anglosajona y española fueron las responsables de introducir el cultivo en América donde se expandió por las grandes llanuras del norte (cuena del Missisipi-Missouri, Grandes Llanos) y del sur (Llanura Pampeana) y en Australia, en la llanura de sudoeste australiano (Evans y Peacock, 1981).*

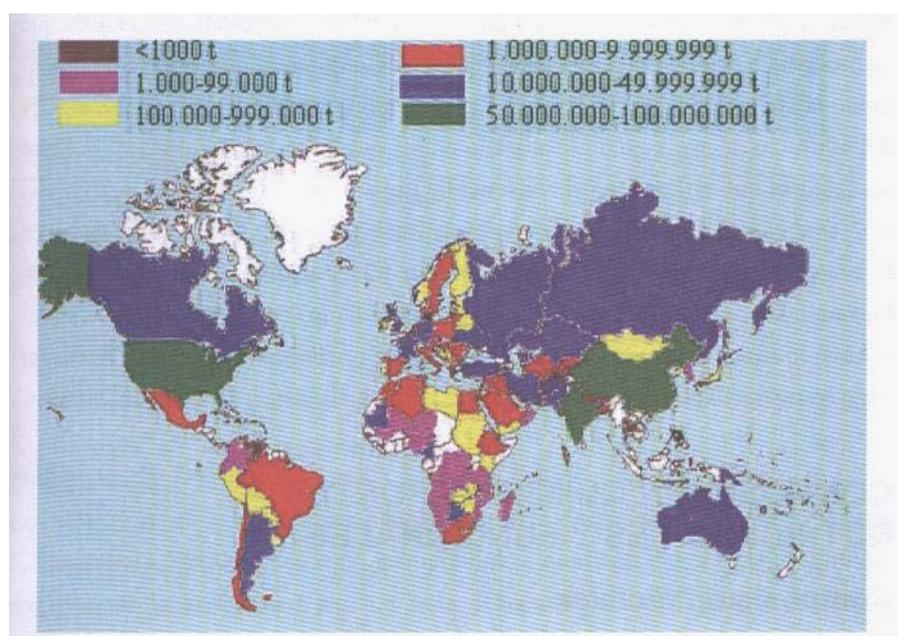
## 2.2- Panorama Mundial

En las últimas décadas la producción de cereales ha tenido un crecimiento dispar entre países desarrollados (0,2% anual) y los países en desarrollo (2% anual) debido principalmente a las políticas implementadas en los primeros de disminución de las superficies de cultivo y reducción de los stocks. El consumo mundial por su parte aumentó a un ritmo de 1,3% anual promedio, pero más aceleradamente en los países en desarrollo. La producción disminuyó en los países en transición, fruto de reformas económicas a inicios de los 90, que afectaron también la demanda mucho más que a la producción (Triboi y Triboi-Blondel, 2002; FAO, 2006). La disminución de los precios internacionales y la crisis económica en Asia a partir de 1997 han limitado también su crecimiento. Sin embargo, las proyecciones de la FAO para 2005 (FAO, 2006) revelaron un escenario de crecimiento para los cereales por una intensificación de la actividad ganadera en los países en desarrollo, como el nuestro, un crecimiento más rápido por recuperación de los países en transición (China, India). Sin embargo, a pesar de que no hubo grandes incrementos en la producción se registra una tendencia levemente creciente, por lo que el volumen total, en particular de cereales, específicamente trigo que venía bajando en las últimas 4 campañas, ha repuntado en la producción 2008-2009 (Figura 1).



**Figura 1. Producción Mundial de Trigo (en miles de toneladas). Fuente USDA, actualizada a diciembre 2009. La línea negra marca la tendencia de la producción.**

Los principales productores de trigo son China, Unión Europea, India, EE.UU., Rusia, Europa Oriental, Canadá, Australia y Argentina. En la Figura 2 aparecen con colores las distintas intensidades de producción. De todos los países productores, los exportadores son EEUU, Canadá, Unión Europea, Argentina y Australia y concentran el 90% de total mundial. Argentina, aporta el 10% del volumen comercializado, alrededor del 60% de lo que cosecha (FAO, 2006).



**Figura 2. Distribución de la producción de trigo en el mundo (expresado en toneladas)**  
Fuente: FAOstat 2007.

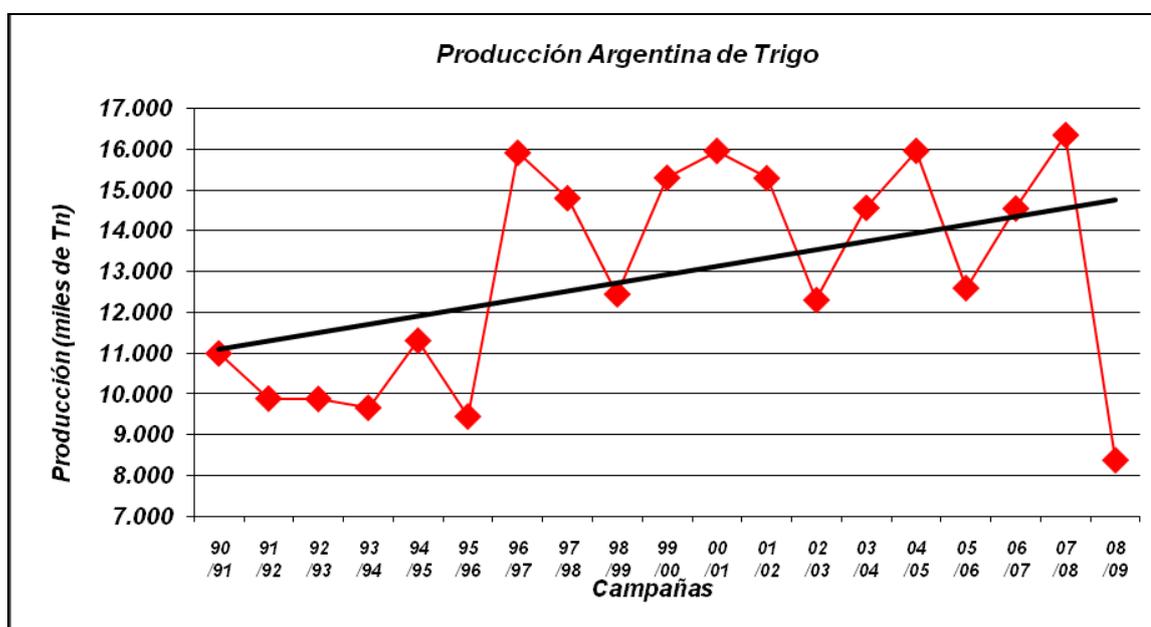
### **2.3- Panorama Argentino**

En Argentina, las primeras semillas fueron sembradas en el primer establecimiento español, conocido con el nombre de Sancti Spiritu, fundado por Sebastián Gaboto el 9 de junio de 1527, en la confluencia de los ríos Carcarañá y Coronda, dentro del actual departamento de San Jerónimo de la Provincia de Santa Fe (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004). Agrega la documentación histórica que fueron sembradas 52 semillas en septiembre de ese año, de los que se cosecharon los primeros granos en diciembre. Se sugiere que el trigo sembrado pudo haber sido candeal y que hay razones fundadas para suponer que las siguientes siembras fueron realizadas por los

cultivadores indígenas, existiendo constancia documental que 10 años después de la partida a España de Sebastián Gaboto, ya se conocía en el Río de La Plata la época oportuna para la siembra de trigo y hortalizas, lo que prueba que en el decenio 1530-1540 se continuaron estos cultivos. El primer molino harinero se estableció en Córdoba en el año 1580 (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004).

La expansión del cultivo de trigo en la Argentina comienza a partir de 1850 y no sólo produjo una profunda transformación en el agro argentino, sino que más precisamente, fue el fundador de la agricultura extensiva en Argentina. El cultivo comienza a expandirse y en 1878, las exportaciones de trigo superan por primera vez a las importaciones; y a partir de 1899 Argentina se transforma en un exportador neto (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004).

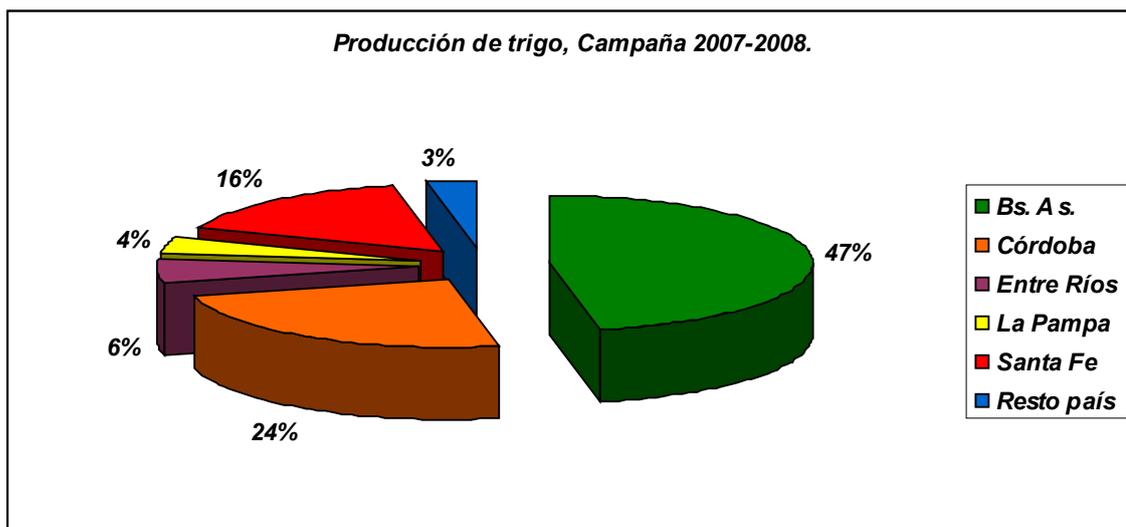
La producción argentina anual de trigo fluctúa entre 10 y 16 millones de toneladas, de acuerdo a los datos proporcionados por la SAGPyA (Figura 3).



**Figura 3. Evolución de la producción argentina de trigo entre las campañas 90/91 y 08/09. La línea recta marca la tendencia. Fuente SAGPyA.**

Resultó una excepción la ante-última campaña, en que por efectos climatológicos la producción descendió considerablemente (algo más de 8 millones de Tn, datos estimados de la SAGPyA).

Esta producción se distribuye mayoritariamente en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa (Figura 4).



**Figura 4. Producción de trigo, campaña 2007-2008. Contribución porcentual por provincia.**  
Fuente SAGPyA.

### 2.3.1- Regiones de cultivo

El cultivo se realiza en una vasta zona entre 30-40° de latitud sur y 57-68° de longitud oeste (Lerner y col., 2004), que se divide en cinco sub-regiones trigueras (Figura 5). Las características climáticas y sus posibles influencias sobre la calidad de la producción se detallan a continuación (material didáctico, Cátedra Cereales y Oleaginosas, FAA, 2004 Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004).

**SUBREGION I:** El clima de la subregión es templado cálido, las precipitaciones disminuyen de este a oeste desde 1000 hasta 800 mm, aproximadamente y es muy frecuente la sequía hasta inicios de primavera. Hay además excesos de precipitaciones en los meses de octubre o noviembre, por lo que es frecuente la ocurrencia de defectos de calidad en trigo (panza blanca). Las temperaturas no

son ideales ya que el invierno y la primavera son cortos y de elevada temperatura media (18° C).

*SUBREGION II (Norte): El clima es templado húmedo y las precipitaciones disminuyen de este a oeste de 950 a 700 mm, haciéndose más evidente la diferencia en invierno. La temperatura media anual es de 16° C y la mínima media es de 10° C para el mes más frío (agosto). El sudoeste de esta región tiene inviernos más secos, más fríos y con mayores riesgos de heladas tardías que el resto de la zona.*

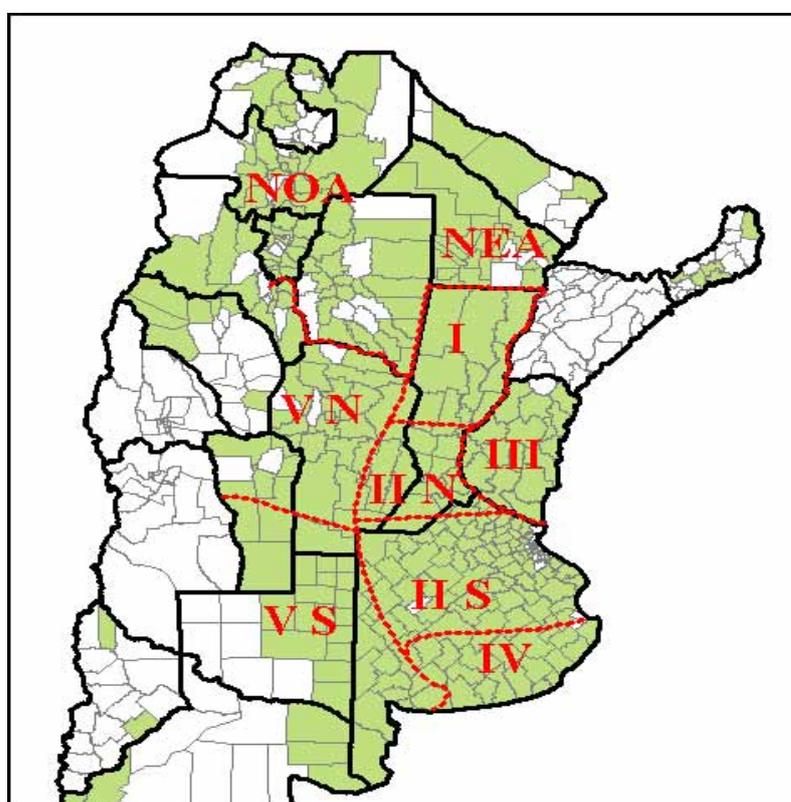
*SUBREGION II (Sur): El clima es templado húmedo, con precipitaciones que disminuyen de noreste a sudoeste de 900 a 700 mm. Las temperaturas medias anuales oscilan de 15° C a 17° C con un régimen de heladas similar a la subregión II norte pero aumentando el peligro de heladas tardías sobre todo hacia el sur y el sudeste (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004). La temperatura media invernal es de 8-10° C. Hacia el oeste, en lo que se llama pampa arenosa los inviernos presentan menores precipitaciones; cuando esta situación se prolonga hasta entrada la primavera, el cultivo de trigo sufre importantes mermas en rendimiento con probabilidad de mayores porcentajes de proteínas.*

*SUBREGION III: El clima es templado cálido y húmedo con temperatura media anual de 20° C. La media invernal es elevada (13° C) y las precipitaciones anuales son abundantes, en promedio 1000 mm pero con mala distribución, presentando sequías invernales y a veces excesos en primavera. Esto limita el potencial de la subregión, ya que además, el llenado de los granos ocurre con altas temperaturas que, sumadas a sequías ocasionales, generan granos con deficiencia en el llenado (chuzos), con bajo rendimiento molinero aunque elevado porcentaje de proteínas.*

*SUBREGION IV: Es una de las regiones más importantes, netamente bonaerense. El clima es templado a templado frío, con inviernos largos y fríos y veranos frescos y húmedos. La temperatura media anual es de 13-14° C y la media invernal ronda los 7-8° C. Las primeras heladas ocurren a fines de abril y las últimas a mediados de octubre, con alta probabilidad de ocurrencia de heladas tardías. En la zona atlántica este peligro se ve reducido por la acción*

moderadora del mar en la amplitud térmica, pero con más probabilidades de lluvias hacia el fin de llenado de grano y madurez fisiológica (riesgo de granos con panza blanca y granos moteados). Hacia el oeste, los inviernos son más rigurosos y secos. Es la región de producción media más alta y de granos de buena calidad industrial (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004).

**SUBREGION V NORTE:** El clima es continental semiárido con temperaturas invernales de 10 a 13° C. Las precipitaciones disminuyen de 700 a 600 mm de este a oeste con distribución estacional (inviernos secos). Presenta vientos desecantes (zonda) que afectan el llenado de los granos (granos chuzos).



**Figura 5. Mapa de Regiones de cultivo de trigo en Argentina, dividido en 5 Subregiones. Algunas de ellas presentan subdivisiones que responden a diferentes características agroecológicas. Fuente: RELMO**

**SUBREGION V SUR:** El clima es continental, con inviernos fríos y secos. La temperatura media anual disminuye de norte a sur de 17 a 14° C. El peligro de heladas tardías se incrementa de norte a sur con riesgo hasta la primera

quincena de noviembre. Las lluvias disminuyen de este a oeste (de 770 a 500 mm) distribuidas en primavera y otoño. Si bien esta región no es ecológicamente óptima para trigo, es la de mayor superficie sembrada. Los rendimientos son limitados pero la producción, en años sin mayores restricciones hídricas, es apta para molinería.

La participación del NOA y el NEA juntos en el total nacional no es de gran relevancia tanto en superficie cultivada como en volumen producido (SAGPyA).

### 2.3.2- Destino de la producción argentina

Un porcentaje de la producción de trigo, que oscila entre el 40 y el 60%, es exportado a distintos destinos siendo nuestro principal comprador Brasil. Del trigo destinado a consumo interno el 87% se destina a molienda, con un rendimiento molinero promedio del 75% (Alimentos Argentinos, 1999). Alrededor del 12-15% de la harina producida se exporta y el resto se destina a panificación. En la Figura 6 se observa la distribución para el año 2007.

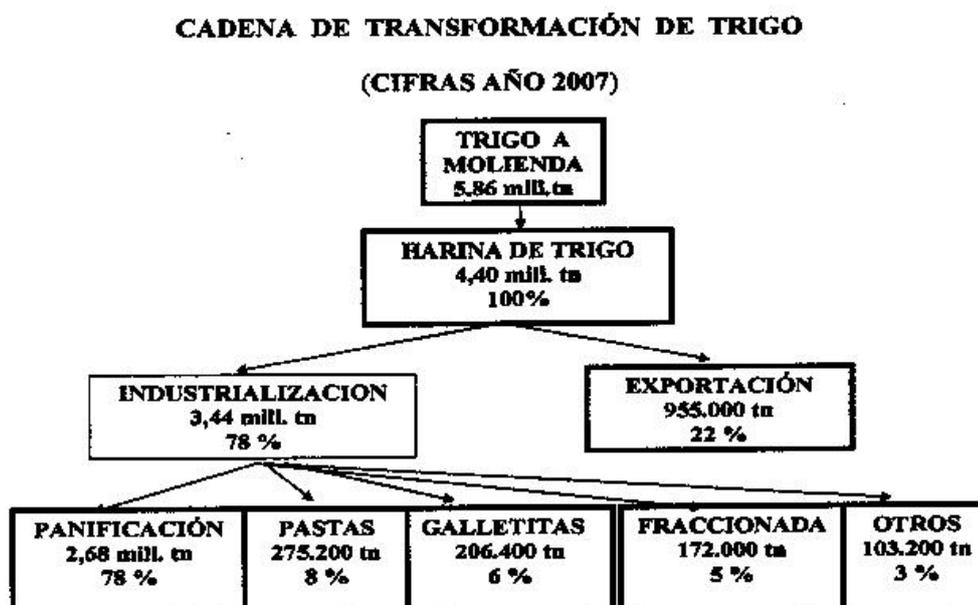


Figura 6. Cadena de transformación de trigo, 2007. Fuente SAGPyA.

La elaboración de pan demanda el 78% del consumo interno de harina. El 95% es pan artesanal, elaborado por pequeñas y medianas panaderías. El 5% restante, lo procesan empresas industriales. La producción de pan industrial (Figura 7) está compuesta por un 55% de pan de molde (lacteado) y un 45% de bollería (pan de Viena y pan dulce).



Figura 7. Destinos de la harina para consumo interno, 2007. Fuente SAGPyA.

El consumo anual de pan tradicional se estima en 70 kg per capita, mientras que el consumo de producto industrial promedia los 3,5 kg por habitante. Más del 30% del pan de molde se consume en Capital Federal, el 40% en el Gran Buenos Aires y el 12% en la provincia de Buenos Aires y está asociado a las grandes cadenas de supermercados. El 75% del pan tradicional se comercializa, en cambio, a través de panaderías y comercios minoristas. Por otra parte, el

*consumo de pan de molde es mayor en los sectores de ingresos alto y medio alto; el de pan de Viena y bollería, en sectores medio y medio bajos y el pan artesanal, en los de bajos ingresos, ya que la relación de precios al consumidor de pan de molde/pan artesanal es de 2,5:1 (Alimentos Argentinos, 1999).*

### **2.3.3- Genotipo, fertilización y calidad de trigo**

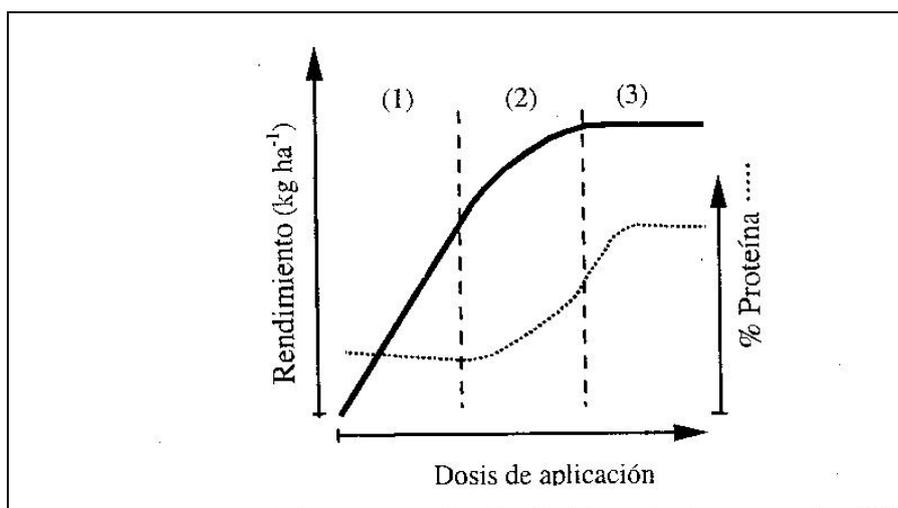
*Argentina es un país con tradición en el cultivo de trigo que data desde las primeras épocas de la conquista, en base a cultivares europeos pero también ha contado con la actividad estatal a través del INTA y su organización PRODUSEM y con empresas privadas familiares dedicadas al mejoramiento y obtención de cultivares argentinos (Criadero Klein, Buck Semillas) acompañados por otros de más reciente creación (ACA, Relmó, entre otros). Todos ellos persiguen el objetivo de mantener y mejorar la calidad de los cultivares, ofreciendo alternativas para las distintas posibilidades agroecológicas argentinas (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004).*

*La elección del **genotipo** a sembrar determina en gran medida el uso final del producto y/o el nicho tecnológico-comercial donde podrá ser comercializado. Así según la textura del endosperma, los trigos se clasifican en duros y blandos. Los trigos duros tienen, en general, mayor rendimiento en harina (Turnbull y Rahman, 2002) y mayor porcentaje de proteína que los trigos blandos, mientras que las harinas de los trigos blandos son preferentemente destinadas a galletitas y tortas o a formar parte del grueso de harinas comerciales, mezcladas con proporciones variables de trigos duros o correctores. Las harinas de trigos duros son destinadas a productos panificados que deben soportar grandes esfuerzos (De Sá Souza, 2009) según el tipo de producto y proceso industrial involucrado (pan dulce, hojaldres, fermentaciones largas, etc.).*

*Al comparar cultivares de un mismo grupo de calidad es frecuente encontrar relaciones negativas entre el rendimiento en grano y el porcentaje de proteínas; de hecho la bibliografía de distintos orígenes (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004) hace referencia a la mayor potencialidad de rendimiento de los cultivares modernos, aquellos logrados a partir de la inclusión de germoplasma*

*mexicano, pero con menor porcentaje de proteínas. Este fenómeno, llamado efecto de dilución, es frecuentemente encontrado cuando las condiciones para el crecimiento son adecuadas pero el nivel en el suelo de nitrógeno (N) es escaso o cuando existe otro factor limitante para la absorción del mismo tal como el nivel de agua o fósforo (P). La falta de dicho macronutriente en los suelos de la sub-región IV es muy común (Echeverría y Navarro, 1984; Echeverría y Ferrari, 1993; Calviño y col., 2000; Pazos y Mestelan, 2005).*

*La relación entre el N y el rendimiento ha sido muy estudiada y se han propuesto modelos como el que se presenta a continuación (Stone y Savin, 1999, citado por Satorre y col., 2003). Cuando la disponibilidad de N es menor a la requerida para lograr un buen rendimiento en grano, la fertilización nitrogenada produce un aumento de rendimiento proporcional a la dosis aplicada pero el porcentaje de proteína se mantiene estable, no aumenta (Figura 8, Fase 1). A medida que se incrementa el aporte de N, el cultivo responde mediante la formación de destinos reproductivos (flores fértiles-granos). Aumenta el rendimiento a través de un mayor número de granos pero no se registra un gran incremento en el % de proteína (Figura 8, Fase 2). Sólo al final de la Fase 2, en que se está llegando a un rendimiento óptimo se visualizan aumentos en la cantidad de proteína del grano. La oportunidad de fertilización hace que a medida que se atrasa la fecha de aplicación, la transformación de N aplicado en rendimiento disminuye, aumentando el % de proteína en grano (Figura 8, Fase 3).*



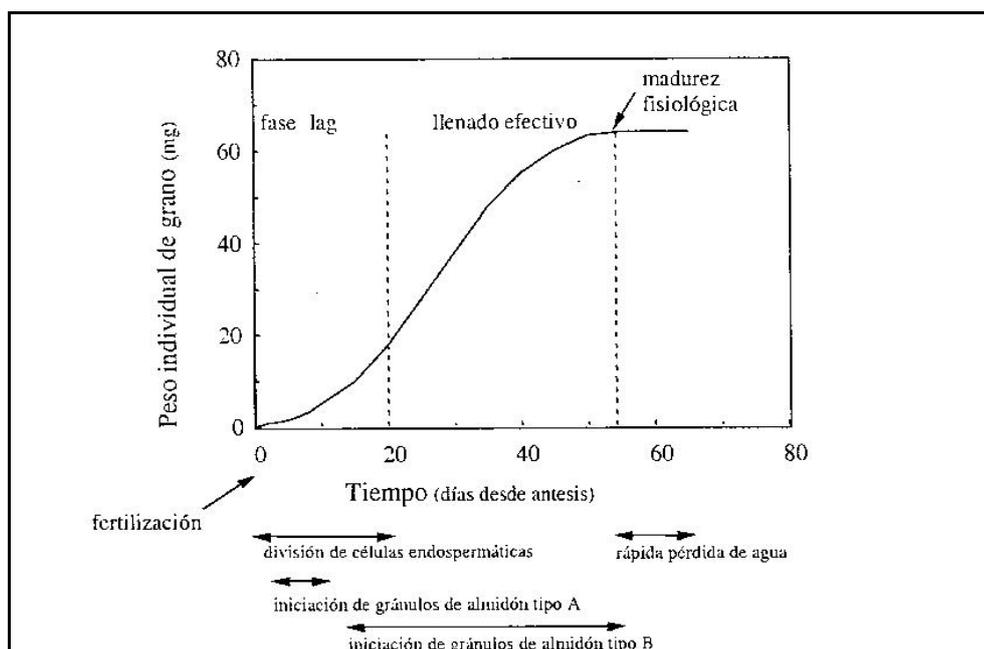
**Figura 8.** Representación teórica de la respuesta del rendimiento y el porcentaje de proteínas al agregado de fertilizante nitrogenado en un cultivo de trigo (Stone y Savin, 1999). Líneas llenas: Rendimiento (kg/ha); línea punteada: % de proteína en grano.

La calidad final de los granos es más que la suma de sus componentes (Dupont y Altembach, 2003; Kamal y col., 2009); tampoco es la presencia de un compuesto en particular sino la interacción de los distintos componentes lo que determina el destino final de esos granos. Por eso, la generación de la calidad comienza mucho antes del período de llenado del grano a través de la fotosíntesis, formación de macollos y desarrollo de inflorescencias que impactan en la generación del número de granos. Después de antesis, el medioambiente condiciona el tamaño de los granos y su composición, por eso es interesante comentar brevemente este período (Dupont y Altembach, 2003). La curva de crecimiento de un grano de trigo tiene la típica forma sigmoidea y se divide en 3 fases (Figura 9). Durante la primera fase (Figura 9, fase lag), de activa división celular, se crean los sitios donde luego se acumularán almidón y proteínas, objeto de nuestro interés. Este período dura entre 10 a 20 días, siendo su duración altamente dependiente de la temperatura como motor del crecimiento. El crecimiento en volumen de esta fase se realiza a expensas de la entrada de agua y de la actividad mitótica, no habiendo ganancia en materia seca. Sin embargo el número de células endospermáticas que se produzcan en este momento condicionará el peso final de los granos (Calderini y col., 1999a y

1999b). En particular, los sitios de acumulación de gránulos de almidón grandes y lenticulares (almidón tipo A) (Figura 9, al pie) comienzan a activarse alrededor de 4-12 días después de antesis (Altembach y col., 2003; Labuschagne y col., 2009). Aunque estos gránulos comienzan a formarse muy temprano, no alcanzan su tamaño final hasta la próxima fase de llenado.

La segunda fase es el periodo de llenado efectivo de los granos que tiene un pequeño período de superposición con la fase I, dura aproximadamente 25-35 días. Es en este período se sintetizan y acumulan la mayor cantidad de almidón y los distintos tipos de proteínas. Los gránulos de almidón pequeños y esféricos (almidón tipo B) comienzan a formarse alrededor de 15 días después de la antesis (definido como el momento en que el 50% de las anteras están expuestas), y continúan iniciándose y creciendo hasta madurez fisiológica (Labuschagne y col., 2009) (Figura 9).

Luego de aproximadamente 50 días de antesis comienza la madurez fisiológica (Figura 9, tercera fase), momento en el cual cesan de acumularse sustancias de reserva en el grano (Altembach y col., 2003) y hay en él, alrededor de 37% de humedad. Esta fase se extiende por un tiempo variable en función del porcentaje de humedad con que se pretenda cosechar y de las temperaturas que se registren durante el mismo.

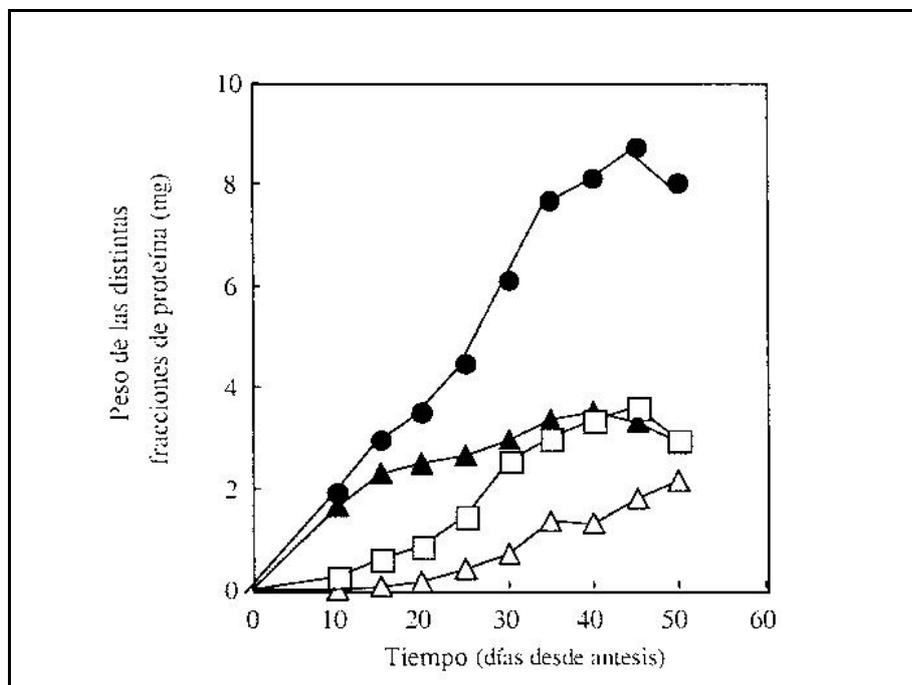


**Figura 9. Curva de llenado de un grano de trigo. Las barras horizontales representan los momentos de acumulación de almidón (Stone y Savin, 1999).**

La acumulación de proteínas en los granos presenta también un patrón sigmoideo (Figura 10, Dupont y Altembach, 2003) y es dependiente del genotipo, de la disponibilidad de N y de la temperatura. En un intento por simplificar un fenómeno tan complejo podemos decir que en una primera fase se depositan las proteínas solubles, albúminas y globulinas; también incian su deposición las gluteninas de alto peso molecular en los primeros 10 días después de antesis, (Shewry y Halford, 2002, Dupont y Altembach, 2003).

Lentamente, a partir de los 15 días después de antesis comienza la deposición del segundo grupo de las proteínas de reserva, gliadinas y gluteninas de bajo peso molecular (Jenner y col., 1991; Shewry, 1999; Altembach y col., 2003; Loussert y col., 2008); éstas más las proteínas de alto peso molecular, en la madurez representarán alrededor del 70-80% del total de las proteínas. Por lo tanto, cualquier alteración, por ejemplo por stress hídrico o de temperatura, hará que la composición final presente una relación gliadinas/gluteninas distinta, dependiendo de la intensidad de cualquiera de los eventos o la combinación de ambos (Stone y Nicolas, 1994 y 1996; Shewry, 1999; Panozzo y Eagles, 1999;

Daniel y Triboi, 2000; Mikhaylenko y col., 2000; Shewry y Halford, 2002; Dupont y Altenbach, 2003, Loussert y col., 2008).



**Figura 10. Acumulación de las distintas fracciones de proteínas durante el crecimiento de un grano de trigo: (●), proteína total; (□) gliadinas; (▲) gluteninas; (△) albúminas/globulinas. Tomado de Stone y Nicolas (1996).**

En la Figura 10 se grafican la variación de los pesos de las distintas fracciones después de antesis. Si bien no refleja acabadamente el momento de inicio de deposición de cada una de ellas es ilustrativa de las relaciones de peso entre categorías de proteínas.

La fertilización nitrogenada y dentro de ella, aplicación tardía de N, es una estrategia de manejo adecuada para mejorar el porcentaje de proteínas de trigo. Este aumento puede asociarse no sólo al aumento del % de proteínas sino también a cambios en las proporciones de las gliadinas/gluteninas. Durante el llenado de granos se modifica la relación gliadinas/gluteninas, influyendo directamente en la calidad industrial (Shewry, 1999, Daniel y Triboi, 2000; Mikhaylenko y col., 2000; Shewry y Halford, 2002; Altenbach y col., 2003; Dupont y Altenbach, 2003; Loussert y col., 2008, Kamal y col., 2009). Es decir, cuando la fertilización nitrogenada aumenta el % de proteína y/o altera las

*proporciones de Gli/Glu, las masas pueden registrar un aumento en la tenacidad pero también un mayor W. Este incremento en fuerza alveográfica se debe al aumento en la extensibilidad resultante de un mayor contenido de gliadinas (Daniel y Triboi, 2000). Sin embargo el aumento del % de proteína no siempre mantiene las proporciones presentes en los granos sin fertilizar, por lo que esta respuesta es diferente según los cultivares (Triboi, 2000), lo que amplía más aún la variación en la calidad de la materia prima del molinero.*

*El porcentaje de proteínas del grano está condicionado por la disponibilidad de N, pero depende también de la habilidad del cultivar en la captura del mismo y del manejo que se haya hecho del cultivo (Graybosch y col., 1995). De manera tal que existe una amplia variabilidad (Peterson y col., 1998; Daniel y Triboi, 2000). Es posible encontrar cultivares que, dentro de un medio ambiente particular, no responden a la regla general de mayor rendimiento, menor porcentaje de proteína, presentando valores estables y más que aceptables tanto en rendimiento como en porcentaje de proteína (Gooding y Davies, 1997, Mikhaylenko y col., 2000; Takayama y col., 2006). El enorme desafío que representa utilizar los cultivares correctos en los mejores ambientes, con el manejo más adecuado para cumplir con la premisa de mayor rendimiento y calidad por unidad de superficie, sigue vigente en este siglo.*

*Además de la disponibilidad de N, las temperaturas durante el llenado de granos inciden significativamente sobre cantidad y composición de proteínas (Graybosch y col., 1995; Daniel y Triboi, 2000; Mikhaylenko y col., 2000).*

*Con relación al efecto de altas temperaturas, es conocido que disminuye el porcentaje de almidón con respecto a proteínas al acortarse el período de llenado y disminuye el peso de los granos, variando en muchos casos la relación entre sus componentes (Jenner y col., 1991; Daniel y Triboi, 2000). Además, picos de temperaturas muy altas pueden afectar también la relación gliadinas / gluteninas, ya que se afecta la síntesis de estas últimas (Wardlaw and Wrigley, 1994, Wrigley y col. 1994; Graybosch y col., 1995; Peterson y col., 1998, Daniel y Triboi, 2000; Mikhaylenko y col., 2000).*

*Otro nutriente que puede transformarse en limitante es el azufre, si bien los requerimientos del mismo en trigo oscilan entre 15-20 kg/ha (Müller y col., 1995,*

*Zhao y col. 1999). La deficiencia de este nutriente, además de producir una reducción en el tamaño de los granos genera una acumulación de gliadinas pobres en azufre ( $\omega$ -gliadinas) y disminuye la proporción de las proteínas poliméricas.*

*La síntesis de estas proteínas de reserva, como se ha dicho más arriba, comienza en distintas etapas del llenado del grano. La síntesis a nivel celular se produce en el retículo endoplasmático y los distintos grupos se acumulan formando cuerpos insolubles por agregación dentro del sistema de endomembranas llamadas cuerpos proteicos. Estos cuerpos proteicos se acumulan en una vacuola central llegando a ella por dos rutas intracelulares independientes (Galili y col., 1993).*

*La función de almacenamiento de N y su mecanismo de acumulación por formación de agregados condicionan las características de cada lote de granos (Shewry y Tatham 1990). Estos cambios en el perfil y balance de las proteínas generan modificaciones no sólo en las propiedades reológicas de las masas (Zhao y col., 1999, Mikhaylenko y col., 2000) sino también tienen incidencia en la salud humana.*

*Existe una asociación probada entre determinados tipos de gliadinas (prolaminas en general) y un porcentaje de la población que presenta una reacción de naturaleza inmunológica (celíacos) a dichas proteínas. La enfermedad celíaca se manifiesta por el consumo de cereales (trigo, cebada, centeno y en menor medida avena) que contienen prolaminas que afectan la mucosa intestinal. Por lo que el interés por el estudio de estas prolaminas es abordado no sólo desde un punto de vista tecnológico, relacionado con la calidad del gluten, sino también por el campo de la medicina (Rumbo, 1999).*

*Es obvio que dentro del ambiente existen más factores que los mencionados más arriba (disponibilidad de agua, tipo de suelo, organismos animales y vegetales que interactúan con el cultivo, manejo del cultivo) que no son el objetivo de este trabajo, pero que reafirman lo complejo que resulta la comprensión y el manejo del rendimiento y la calidad del trigo.*

## 2.4- Estructura del grano

### 2.4.1- Descripción

Los miembros de la familia gramíneas que producen granos de cereal, generan frutos secos con una sola semilla. Este tipo de fruto es un cariopse o cariósipide que vulgarmente se denomina grano.

La longitud del grano es, en término medio, de 8 mm, con un peso de 35 mg. El tamaño de los granos varía ampliamente según la variedad y la posición en la espiga. Los granos de trigo son redondeados en la parte dorsal (mismo lado del germen) y posee un surco a lo largo de la parte ventral (lado opuesto al germen) (Figura 11). El surco, que abarca aproximadamente toda la longitud del grano, penetra casi hasta el centro (Dimitri, 1978). Los dos laterales pueden llegar a tocarse ocultando así la verdadera profundidad del surco (Tarabiono, 1979). Este surco, no solamente representa una dificultad para que el molinero separe el salvado del endospermo con buen rendimiento, sino que también constituye un buen escondite para microorganismos y esporas de hongos provenientes de la amplia microflora del campo. También presenta un grupo de pelos o tricomas en el extremo superior, denominado pincel o cepillo, que constituye un lugar de adherencia de tierra y esporas (Dimitri, 1978).

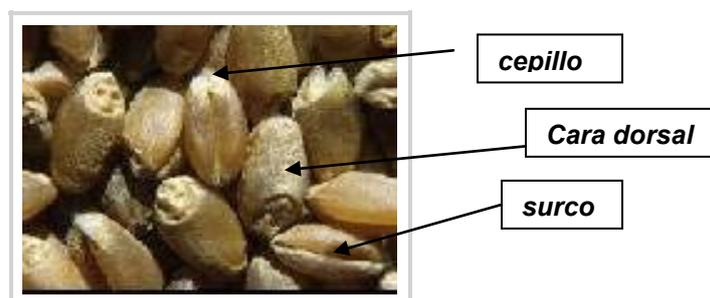


Figura 11. Grano de trigo, vista ventral y dorsal.

Un esquema detallado de las diferentes partes del grano de trigo se muestra en la Figura 12.

#### **2.4.1.1- Pericarpio**

*El pericarpio rodea toda la semilla y está constituido por varias capas. El pericarpio exterior (en la Figura 12, epidermis) es lo que los molineros llaman “beeswing” (alas de abeja). La parte más interna del pericarpio exterior, hipodermis y capas subyacentes, está formada por restos de células de pared delgada, integrado por células intermedias, células cruzadas y células tubulares, que presentan una disposición cruzada, que deja mucho espacio intercelular (Mabille y col., 2001). Esta disposición de células favorece durante la molienda la remoción del pericarpio, pero si éste no se encuentra adecuadamente hidratado, favorece que se fraccione en partículas pequeñas que alteran la calidad de las harinas alterando sus propiedades tecnológicas (Hoseney, 1991). El pericarpio comprende el 5% del grano y está formado aproximadamente por un 6% de proteínas, un 2% de cenizas, un 20% de celulosa y 0.5% de grasa, y alrededor de un 70% de pentosanos que, junto con la celulosa, son los componentes que le otorgan su alta capacidad de absorción de agua (todos son valores base seca, Mabille y col., 2001).*

#### **2.4.1.2- Cubierta de la semilla y epidermis nucelar**

*La cubierta de la semilla está unida firmemente a las células tubulares por su lado exterior y a la epidermis nucelar por el interior (Figura 12) (Kugler y Godoy, 1964; Mabille y col., 2001). Está compuesta por tres capas: una cutícula exterior gruesa, una capa pigmentada (en los trigos coloreados) y una cutícula interior fina. El espesor de la cubierta de semilla varía entre 0,5 y 0,8 mm y la epidermis nucelar alcanza a unos 0,7 mm de espesor (Tarabiono, 1979).*

#### **2.4.1.3- Capa de aleurona**

*La capa de aleurona, que por lo general tiene el espesor de la célula (Figura 12) (Kugler y Godoy, 1964), rodea el grano por completo, incluyendo el endospermo feculento y el germen (Dupont y Altembach, 2003). Desde el punto de vista botánico, es la capa exterior del endosperma. Sin embargo, se elimina durante*

*la molienda (Antoine y col., 2002), junto con la epidermis nucelar, la cubierta de la semilla y el pericarpio, constituyendo lo que el molinero llama salvado.*

*Las células de aleurona tienen paredes gruesas formadas principalmente por celulosa. Su forma es esencialmente cúbica y carecen de almidón. Las células de aleurona poseen un núcleo grande y numerosos gránulos proteicos y tienen un papel fundamental en la germinación (Ritchie y col., 2000). La capa de aleurona es relativamente rica en cenizas, proteínas, fósforo total y fósforo en forma de fitatos, lípidos y niacina (Shewry y Halford, 2002). Además la aleurona es más rica en tiamina y riboflavina que otras partes del salvado y su actividad enzimática es alta.*

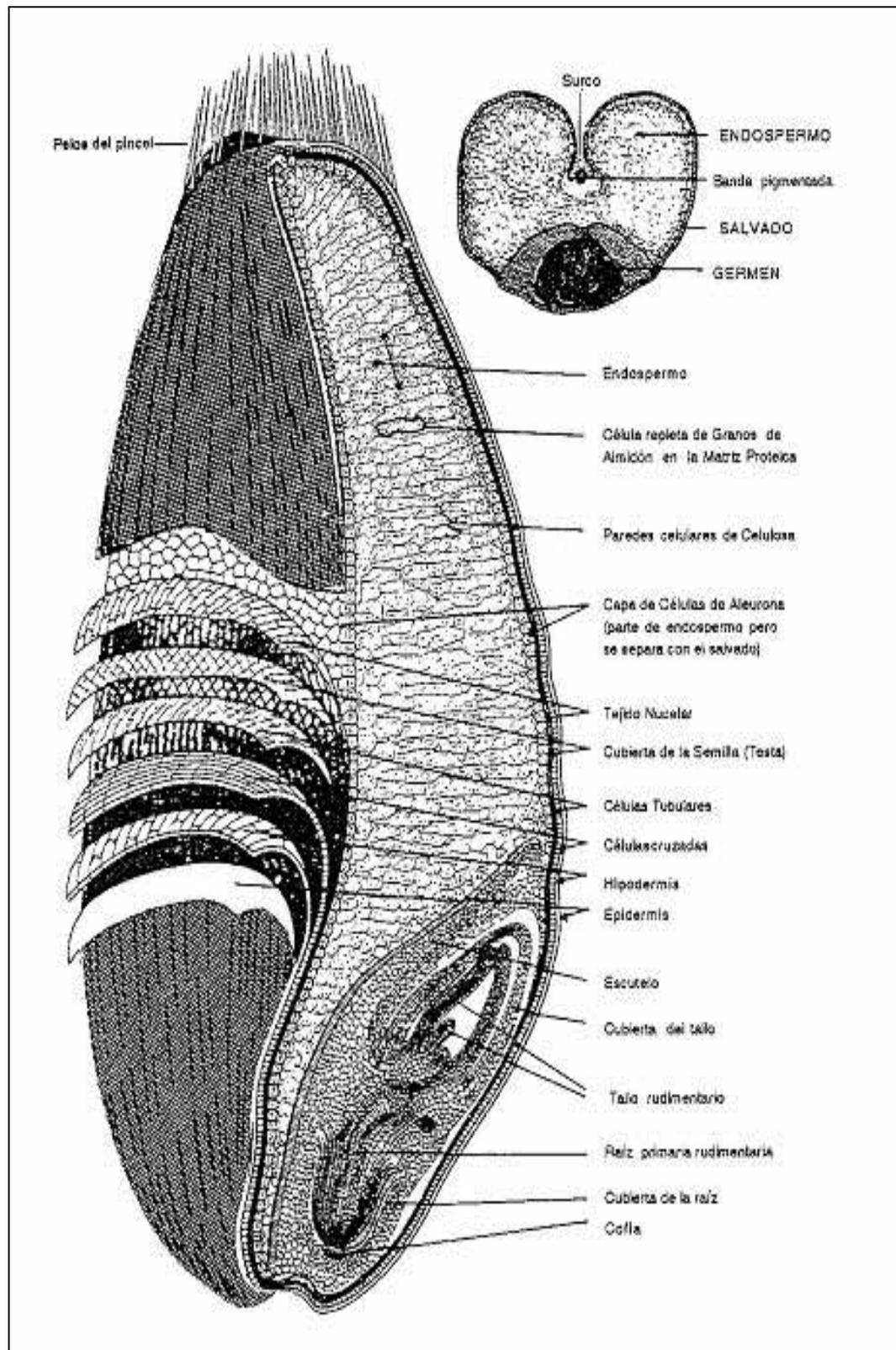


Figura 12. Esquema de las partes de un grano de trigo. Tomado de Hosney (1991).

#### **2.4.1.4- Germen o embrión**

*El germen de trigo abarca el 2,5 - 3,5 % del grano. Está constituido por dos partes principales: el eje embrionario (raíz y tallo rudimentarios) y el escutelo, que tiene el rol de tejido de almacenamiento (Figura 12) (Kugler y Godoy, 1964). El germen es relativamente rico en proteína (25%), azúcar (18%), aceite (16% en el eje embrionario y 32% en el escutelo) y cenizas (5%). No contiene almidón, pero es bastante rico en vitamina B y vitamina E (tocoferol total, hasta 500 ppm) además de muchas enzimas. Los azúcares son principalmente sacarosa y rafinosa, reservas vinculadas mayormente con los mecanismos de respiración para la germinación.*

#### **2.4.1.5- Endosperma**

*Una de las características más importante del endosperma es la textura, dura o blanda, refiriéndose de esta manera a la resistencia que ofrece el grano a transformarse en partículas de harina (Campbell y col., 2007). Los endospermas duros, dependiente en parte de la genética (Turnbull y Rahman, 2002; Chang y col., 2006), se separan más fácilmente del pericarpio, produciendo mayores rendimientos de harina con menores contenidos de contaminación (menor cantidad de cenizas). A su vez, los endospermas duros presentan una más fuerte asociación entre almidón y proteínas que los endospermas blandos, requiriendo así mayor energía en la molienda.*

*Las paredes celulares del endosperma, están formadas por pentosanos (Turnbull y Rahman, 2002; Dupont y Altenbach, 2003), otras hemicelulosas y  $\beta$ -glucanos, con mayor afinidad por el agua que la celulosa.*

*El contenido y las paredes celulares de las células del endosperma constituyen la harina. Las células están repletas de gránulos de almidón incluidos en una matriz proteica (Hoseney, 1991; Dupont y Altenbach, 2003).*

### 2.4.2- Composición del grano

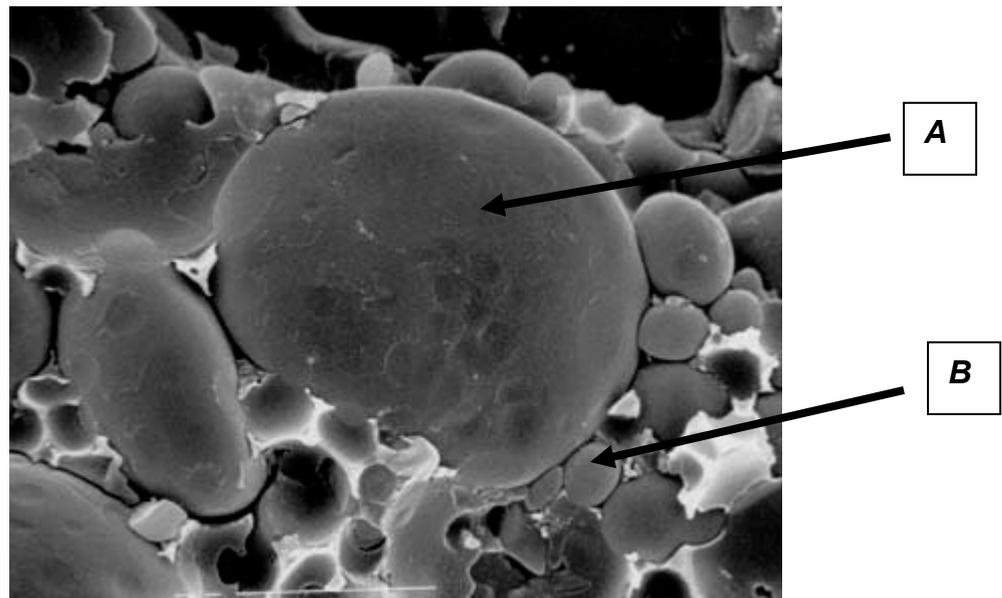
El grano de trigo se puede considerar fundamentalmente compuesto por almidón, proteínas, otros polisacáridos que se expresan como fibra cruda, lípidos, minerales (cenizas) y vitaminas (Matz, 1999; Shewry y Halford, 2002). En la Tabla 1, se puede observar el rango de variación de dichos componentes.

**Tabla 1: Intervalo de variación en la composición porcentual de los principales componentes del grano de trigo. Tomado de Matz (1999).**

<b>Componentes</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Humedad</b>	8,0	18,0
<b>Almidón</b>	60,0	68,0
<b>Proteína</b>	7,0	18,0
<b>Lípidos</b>	1,5	2,0
<b>Fibra cruda</b>	2,0	2,5
<b>Cenizas</b>	1,5	2,0

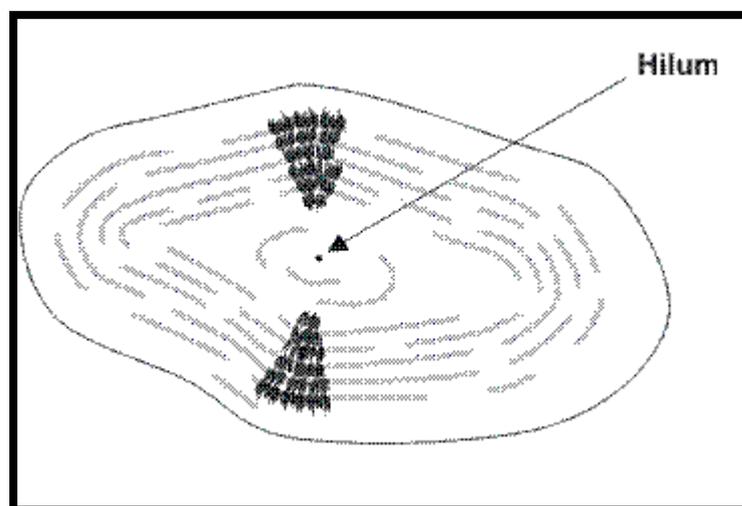
#### 2.4.2.1- Almidón

El almidón se encuentra en el trigo en forma de gránulos. En los cereales y en otras plantas superiores, los gránulos se forman en los amiloplastos (plastidios). En el trigo cada plastidio contiene un gránulo. Se observan dos tipos de gránulos: los grandes, lenticulares (A) y los pequeños esféricos (B) (Figura 13) (Thomasson, 1997; Ao y Jane, 2007).



**Figura 13. Gránulos de almidón de trigo. SEM Photograph Copyright Joseph R. Thomasson, 1997.**

Los gránulos se forman por deposición de polímeros alrededor del hilum, de polisacáridos insolubles, con un crecimiento inicial esférico (Rojas y col., 2000; Ao y Jane, 2007), que luego deriva en formas achatadas oblongas (Figura 14).



**Figura 14. Gránulo de almidón con hilum y crecimiento concéntrico.**

Las cadenas poliméricas crecen radialmente dado que muchos grupos hidroxilos se atraen formando uniones hidrógeno entre las moléculas adyacentes de amilosa y amilopectina (Wurzburg, 1986; Dupont y Altenbach, 2003; Ao y Jane,

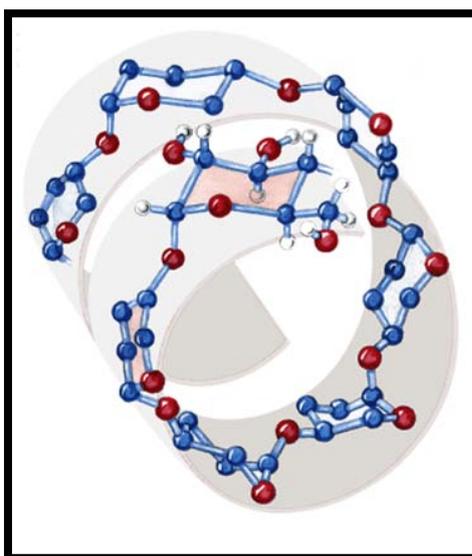
2007). El almidón está constituido básicamente por polímeros de  $\alpha$ -D-glucosa. Químicamente, al menos, se pueden distinguir dos tipos de polímeros:

#### **2.4.2.1.1- Amilosa**

Fundamentalmente es un polímero lineal ( $\alpha$ -D 1-4), de tamaño variable según la fuente y las condiciones del proceso de extracción (entre 200 a 6000 unidades de glucosa). Un extremo del polímero cuenta con grupos hidroxilos y grupos aldehídicos que le otorgan poder reductor (Wurzburg, 1986). El otro extremo es no-reductor y la cantidad de hidroxilos presentes determina la afinidad por el agua y la solubilidad (Ao y Jane, 2007). Forma geles firmes y presenta forma de complejo helicoidal (Figura 15) y en presencia de Yodo da coloración azul lo que permite, mediante colorimetría, su cuantificación. (Wurzburg, 1986).

La amilosa, menos voluminosa que la amilopectina, durante el proceso de gelatinización, difunde hacia y a través de la superficie saliendo del gránulo hacia la solución intersticial.

En panificación se la asoció fuertemente al fenómeno de retrogradación, aunque en la actualidad se sabe que tanto amilosa como amilopectina están involucradas en el mismo, dado que ese retorno a la cristalinidad implica una disminución en la capacidad de retención de agua (Hug-Iten y col., 2003).



**Figura 15. Amilosa presentando la formación helicoidal.**

### 2.4.2.1.2- Amilopectina

Forma estructuras fuertemente ramificadas (Figura 16) con cadenas lineales con uniones  $\alpha$  (1-4) y con uniones  $\alpha$  (1-6) cada 20-26 unidades monoméricas. Su alto peso molecular determina que tenga escasa movilidad. No forma geles firmes y tampoco se compleja con el yodo (Wurzburg, 1986, Ao y Jane, 2007).

La combinación de estos tipos de ramificaciones le confiere al almidón regiones cristalinas y regiones amorfas alternas, generando un polímero semicristalino (Figura17) (Wurzburg, 1986, Hosney, 1991, Eliasson y Gudmundsson, 1996, Ao y Jane, 2007).

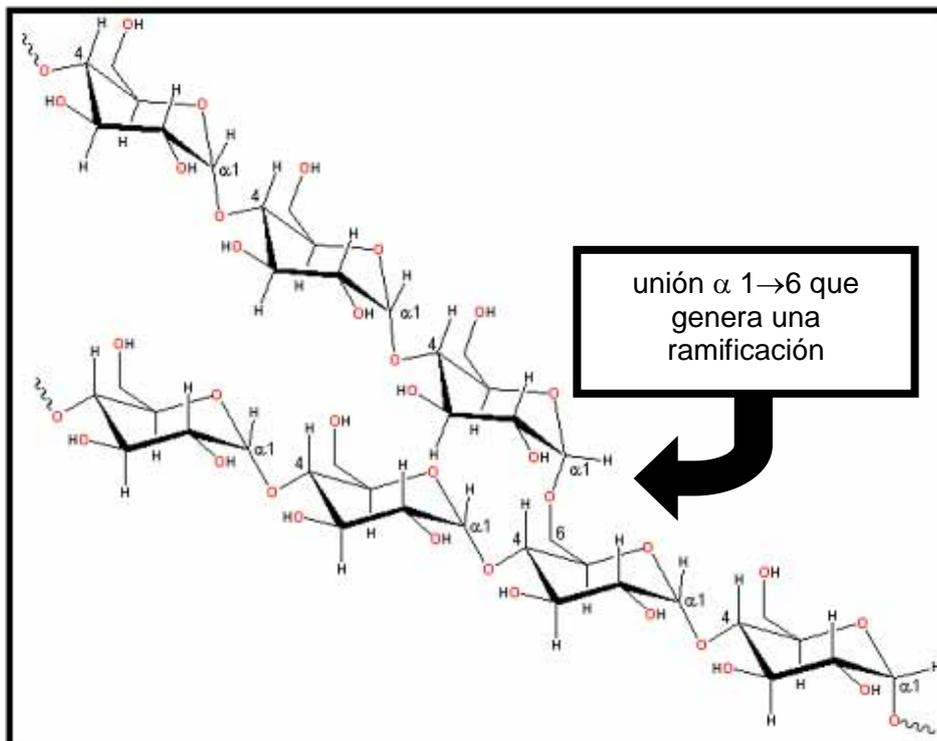


Figura 16. Esquema de estructura de amilopectina en el gránulo de almidón.

El medioambiente, especialmente a través de las temperaturas regula la deposición de almidón (Dupont y Altenbach, 2003) afectando no sólo el rendimiento sino la calidad del mismo (Labuschagne y col., 2009).

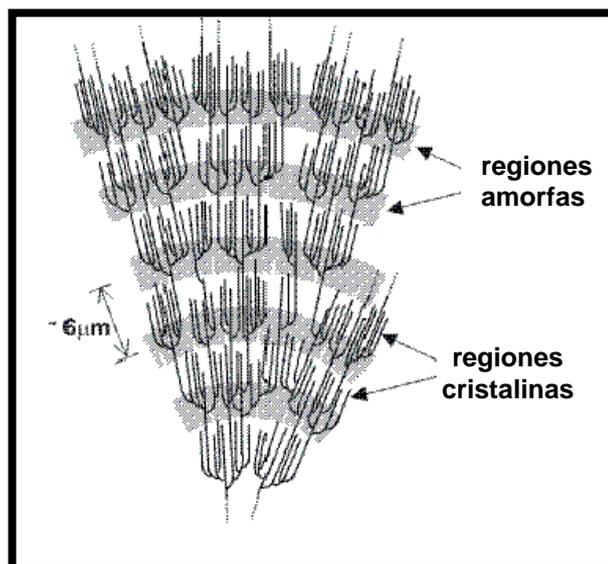


Figura 17. Esquema de regiones del gránulo de almidón. Fuente Hosney (1991).

#### 2.4.2.2- Polisacáridos no amiláceos

Los cereales contienen otros polisacáridos distintos del almidón. Estos polisacáridos son constituyentes primarios de las paredes celulares y abundan más en las porciones externas que en las internas del grano. El contenido de polisacáridos no almidonosos en el endosperma es muy inferior al del almidón. Entre ellos tenemos hemicelulosas, pentosanos (Wang y col., 2002), celulosa,  $\alpha$ -glucanos, y glucofructanos (Philippe, 2006).

##### 2.4.2.2.1- Celulosa

La celulosa es el polisacárido estructural más importante de las plantas. Químicamente es muy simple, está compuesto por moléculas de D-glucosa unidas por enlaces  $\beta$  1-4. Es un polímero lineal que se asocia fuertemente consigo mismo por lo que resulta muy insoluble. En su estado nativo, la celulosa es parcialmente cristalina. El alto grado de ordenación e insolubilidad, junto con sus uniones  $\beta$  hace que este polímero resista a muchos organismos y enzimas. En el vegetal la celulosa se encuentra generalmente asociada a la lignina y a otros polisacáridos no almidonosos (Philippe, 2006).

#### **2.4.2.2- Hemicelulosas y pentosanos**

*Los términos hemicelulosa y pentosanos, en conjunto, abarcan los polisacáridos vegetales no almidonosos y no celulósicos. Están distribuidos ampliamente por todo el reino vegetal, y en general, se cree que forman las paredes celulares y el material de unión que mantiene juntas las células. Químicamente son muy diferentes, variando su composición desde un azúcar simple, como el que se encuentra en los  $\alpha$ -glucanos, hasta los polímeros que pueden contener pentosas, hexosas, proteínas y fenoles. Los azúcares frecuentemente citados como componente de las hemicelulosas de los cereales incluyen: la D-xylosa, L-arabinosa, D-galactosa, D-glucosa, ácido D-glucurónico y ácido 4-o-metil- D-glucurónico (Philippe, 2006).*

*La harina de trigo contiene hemicelulosas solubles e insolubles en agua conocidas como pentosanos. Los pentosanos insolubles en agua son más ramificados que los pentosanos hidrosolubles y se hinchan profundamente en el agua (Turnbull y Rahman, 2002). Contrariamente a las proteínas hidrosolubles de los cereales, los pentosanos solubles pueden absorber de 15 – 20 veces más agua (Wang y col., 2002) y de este modo formar soluciones altamente viscosas. Los pentosanos insolubles son los responsables de las propiedades reológicas de la masa (Wang, 2003; Philippe, 2006), de la conducta panificable del centeno y aumentan la humedad de la corteza de los productos de panadería. Los pentosanos también juegan un papel importante en las propiedades panificables del trigo, puesto que participan en la formación del gluten (Wang y col., 2002). Este rol puede afectar de diversa manera a la formación y performance del gluten. Las fracciones extraíbles con agua tienen la capacidad de inmovilizar agua (Rouau y Moreau, 1993) y de formar soluciones viscosas mediante entrecruzamiento (Izydorczyk y col. 1990), que son atributos importantes que tienen implicancias en la formación del gluten y sus propiedades. La alta capacidad de retener agua de los pentosanos altera la distribución de la humedad entre los constituyentes de la masa y por ende sus propiedades reológicas (Jelaca y Hlynka, 1972; Ki y D'Appolonia, 1977). En general tienen un efecto positivo (Rouau y col. 1994) y las variaciones observadas dependen de la*

variedad (Izydorczyk y col. 1991a), su contenido en la harina, de su extractabilidad en agua y su estructura básica (Rouau y col. 1994; Izydorczyk y col. 1991). En cambio, los pentosanos insolubles afectan en forma negativa la calidad panadera (Jelaca, S.L. y Hlynka, 1972; Izydorczyk y col. 1991b), incrementando la absorción de agua farinográfica (Michniewicz y col, 1990 y 1991; Denli y Ercan, 2001), disminuyendo la Extensibilidad y la formación (Weegels y col, 1988; Raels y col. 1998) y el rendimiento en gluten (Michniewicz y col., 1991).

#### **2.4.2.2.3- $\beta$ -Glucanos**

Los  $\beta$ -glucanos son polisacáridos lineales, con unidades de D-glucopiranosas unidas por enlaces  $\beta$ -1,3 y  $\beta$ -1,4. El grano de trigo contiene solamente 0,5 –2 % de sustancias mucilaginosas. Estas sustancias confieren una gran viscosidad a las soluciones acuosas.

#### **2.4.2.2.4- Glucofructanos**

La harina de trigo contiene un 1 % de oligosacáridos solubles en agua, no reductores, de peso molecular de hasta 2.000. Están formados por D-glucosa y D-fructosa (Philippe, 2006).

#### **2.4.2.3- Azúcares**

En el trigo y otros cereales existen concentraciones relativamente bajas de mono, di y trisacáridos, así como otros productos de bajo peso molecular resultantes de la degradación del almidón. Cuando esta degradación ocurre durante la formación de la masa, estos niveles aumentan. En presencia de levaduras los mono, di y trisacáridos son importantes para el esponjamiento de la masa (Philippe, 2006).

#### **2.4.2.4- Lípidos**

*La distribución de lípidos dentro del grano de trigo es muy variable: un 70 % son no polares, 20 % glicolípidos y 10 % fosfolípidos. El germen tiene el mayor porcentaje de lípidos, y los lípidos del germen tienen el mayor porcentaje de fosfolípidos. Los lípidos polares del salvado, contienen más fosfolípidos que glicolípidos, mientras que en el endospermo la relación se invierte.*

*En la harina del endosperma amiláceo, los lípidos se pueden dividir en: lípidos asociados con los granos de almidón y lípidos no asociados. Los primeros se dividen en: lípidos no polares 9 %, glicolípidos 5 % y fosfolípidos 86 %. Los lípidos no asociados, que representan un número grande de clases, se pueden dividir en un 60 % de lípidos no polares, 25 % de glicolípidos y 15 % de fosfolípidos. Claramente, los fosfolípidos constituyen la mayor parte de los lípidos asociados al almidón; la liso-fosfatidilcolina ocupa un gran porcentaje de los fosfolípidos del almidón.*

#### **2.4.2.5- Enzimas**

##### **2.4.2.5.1- Amilasas**

*Los cereales contienen dos tipos de amilasas. La  $\beta$ -amilasa es una exoenzima que ataca al almidón por los extremos no reductores de los polímeros, rompiendo enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos cada dos enlaces, liberando maltosa. El resultado de esta acción enzimática, es la disminución rápida del tamaño de las moléculas del almidón. En el grano seco los niveles de  $\alpha$ -amilasa son muy bajos pero se incrementan sensiblemente luego de la hidratación en condiciones de temperatura que permitan la germinación (Kamal y col., 2009). Esta síntesis de novo de esta enzima, comandada por el ácido giberélico que se libera en el embrión, es un buen indicador de las condiciones pre y post cosecha de ese grano y de hecho es la base del método Falling Number, ampliamente utilizado para cuantificar la acción de la  $\alpha$ -amilasa. La  $\beta$ -amilasa por su parte, está presente en los granos sanos y enteros y su nivel no cambia sensiblemente con la germinación. El pH óptimo para la  $\alpha$ -amilasa es de 4,5 y el de la  $\beta$ -amilasa,*

*ligeramente superior. La mezcla de ambas degrada el almidón muy rápidamente y en forma más acabada que por separado. Por cada ruptura que produce la  $\alpha$ -amilasa, se genera un nuevo extremo no reductor que puede ser atacado por la  $\beta$ -amilasa.*

#### **2.4.2.5.2- Proteasas**

*Las proteasas se encuentran en los cereales maduros y sanos; no obstante, sus niveles de actividad son relativamente bajos.*

#### **2.4.2.5.3- Lipasas**

*Estas enzimas existen en todos los cereales en concentraciones diversas. La actividad lipásica tiene importancia porque los ácidos grasos libres generados son más susceptibles al enranciamiento oxidativo que los mismos ácidos grasos en el triglicérido. El aumento de los ácidos grasos libres observable durante el almacenamiento de la harina se debe también a las lipasas procedentes del metabolismo de los microorganismos presentes en la harina; éstas se inactivan por tratamiento térmico y de este modo se evita el deterioro de la calidad.*

#### **2.4.2.5.4- Fitasa**

*La fitasa es una esterasa que hidroliza el ácido fítico (Pennella y Collar, 2008). El ácido fítico es ácido inositol hexafosfórico; la enzima lo transforma en inositol y ácido fosfórico libre (Liu y col., 2006). Un 70 – 75 % del fósforo de los cereales se presenta al estado de ácido fítico (Febles y col., 2002), del cual se cree que forma un quelato con iones divalentes que evita que sea absorbido en el tracto intestinal (Požrl y col., 2009). Por esta razón la actividad enzimática resulta importante ya que convierte un producto desventajoso en inositol (una vitamina del complejo B) y nutrientes (Liyana-Pathlrana y Sahlidi, 2007, Palacios y col., 2008b).*

#### **2.4.2.6- Minerales y Vitaminas**

*Estos constituyentes se localizan, en su mayor parte, en el pericarpio. Los más importantes son: calcio, fósforo, hierro, magnesio y potasio (Liu y col., 2006) y varían según el cultivar y la interacción con el medio ambiente (Zhao y col., 2009). Una parte importante del fósforo presente se encuentra combinado con el mio-inositol, formando el ácido fítico (Liu y col., 2006), cuyas sales de calcio y magnesio constituyen la fitina. Estos compuestos se combinan con numerosos iones, disminuyendo drásticamente la asimilación de los mismos (Liyana-Pathlrana y Sahlidi, 2007).*

*El trigo es una importante fuente de vitaminas del grupo B y de vitamina E (Liyana-Pathlrana y Sahlidi, 2007).*

#### **2.4.2.7- Proteínas**

*En 1907 T.B. Osborne separó las proteínas del trigo en cuatro fracciones valiéndose de sus solubilidades:*

- *·Albúminas: Proteínas solubles en agua.*
- *Globulinas: Proteínas insolubles en agua pura, pero solubles en disoluciones salinas diluidas e insolubles a altas concentraciones.*
- *Prolaminas: Proteínas solubles en alcohol etílico al 70 %.*
- *Glutelinas: Proteínas solubles en ácidos o bases diluidas.*

*Actualmente, se utiliza el sistema de clasificación de proteínas basado en las características biológicas, junto con las relaciones químicas y genéticas, llevando a diferentes estados de agregación en soluciones disociantes (Shewry y Tatham, 1990; Shewry y col., 1986; Gianibelli y col., 2001; Arfvidson y col., 2004).*

*La mayor parte de las proteínas fisiológicamente activas (enzimas), se encuentra en los grupos de las albúminas o de las globulinas (Shewry y Halford, 2002, Dupont y Altenbach, 2003). En el trigo, las albúminas y las globulinas, están concentradas en las células de aleurona, salvado y germen y en menor*

proporción en el endospermo (Shewry, 1999; Gianibelli y col., 2001; Wieser, 2007; Loussert y col., 2008; Kamal y col., 2009). Desde el punto de vista nutricional, las albúminas y globulinas, tienen un buen balance de aminoácidos. Son ricas en lisina, triptofano y metionina, tres aminoácidos que son relativamente escasos en los cereales y que, por el proceso de molienda y separación, disminuyen la calidad nutricional de las harinas blancas, al descartarse con el salvado.

Las proteínas de reserva de los cereales, glutelinas y prolaminas, son aquellas que la planta almacena para su utilización en la germinación. Estas proteínas están en la matriz proteica del endospermo y no se encuentran en el pericarpio o en el germen (Gras y col., 2001; Gianibelli y col. 2001, Dupont y Altenbach, 2003). Estas proteínas, son las que en la harina de trigo (gliadinas y gluteninas) con la adición de agua, forman una masa viscoelástica y cohesiva que se puede trabajar, es decir, amasar. El gluten resultante es el responsable de la plasticidad y elasticidad de la masa (Daniel y Triboi, 2000; Gras y col., 2001; Dupont y Altenbach, 2003; Wieser, 2007; Kamal y col., 2009) y se debe sólo a la presencia de estas proteínas.

El gluten está formado por un 90% de proteínas, 8% de lípidos y 2% de carbohidratos (b.s.). Estos últimos son principalmente pentosanos, insolubles en agua, que pueden fijar y retener cantidades significativas de agua, en tanto que los lípidos forman un complejo lipoproteico con ciertas proteínas del gluten. El complejo «gluten», está compuesto, como anticipamos anteriormente, por dos grupos principales de proteínas: gliadinas y gluteninas. Estas proteínas serán descritas en detalle en secciones posteriores.

### **3- Molienda de Trigo**

Hay actualmente en el país alrededor de 110 establecimientos molineros en actividad, localizados en las zonas de producción triguera: 45% en la Provincia de Buenos Aires, 15% en Córdoba, 15% en Santa Fe y 13% en el Gran Buenos Aires, con distintas escalas de producción. El resto se localiza en otras provincias (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004).

*En relación a la molienda por provincias, la misma se distribuye de la siguiente manera: 53% Buenos Aires, 22% Córdoba, 13% Santa Fe, 3% Capital Federal, 3% Entre Ríos y 6% en el resto del país. La industria molinera ha ido aumentando su grado de concentración en los últimos años. Tres empresas suman cerca del 50% del mercado (Programa Nacional de Calidad de Trigo, 2004).*

*Una vez que el trigo sale de las manos del productor puede ir a silos de acopiadores o bien ir directamente al proceso de molienda para obtener harinas y otros subproductos (Figura 20). Los esquemas de almacenamiento del trigo de acopiadores y molineros difieren en los parámetros que utilizan para acopiarlo. En este apartado nos referiremos al tratamiento del trigo en molinería.*

### **3.1- Recepción y almacenamiento del grano**

*El trigo llega al molino harinero por tren o por camión. En la Figura 20 se observa una playa típica de recepción de grano, balanza y silos de acopio.*



**Figura 20. Playa de recibo de trigo con silos de acopio.**

### 3.2- Análisis y clasificación del trigo

A su llegada es analizado y clasificado en el laboratorio de control de calidad según algunas características de calidad. Se determina el % de humedad (Figura 21 a), el peso hectolítrico (Figura 21 b), % de proteína en grano, a menudo relacionada con la dureza del grano (Figura 21 c) (Gaines y col., 1996), entre otros; para ser almacenado en distintos silos. Además, para completar la caracterización de la partida de trigo se realiza una molienda en molino experimental y a la harina resultante se le mide porcentaje de cenizas por calcinación con mufla (Figura 22 a), % de gluten húmedo (Figura 22 b), Falling Number (Figura 22 c) y fuerza alveográfica (Figura 22 d).



**Figura 21. a) Determinador de humedad; b) Balanza Schopper para determinación de peso hectolítrico; c) Molino Perten y determinador de porcentaje de proteína, NIR.**



**Figura 22. Instrumental de laboratorio de calidad: a) Mufla para cenizas; b) Glutomatic, determinación del porcentaje de gluten húmedo (a- preparación de masa y lavado del gluten; b- plancha para secar gluten; c- centrífuga); c) Determinación de la actividad de la alfa-amilasa (número de caída, Falling Number) según HAGBERG –PERTEN. d) Alveógrafo Chopin.**

### **3.3- Limpieza y acondicionamiento del grano**

#### **3.3.1- Limpieza**

*El grano de trigo contiene distintas cantidades de impurezas de diferente tipo y tamaño. El objetivo de la limpieza es reducir al mínimo estas impurezas. Para ello se utilizan diversos equipos, casi todos ellos basados en las diferencias de densidad y tamaño entre el trigo y las impurezas. Así es que existen una diversidad de separadores, por ejemplo: trampas magnéticas, zarandas, mesas densimétricas, trieurs y discos, despuntadoras pulidoras, cepillos y canales de aspiración (Owens, 2001).*

### **3.3.2- Acondicionamiento**

*El proceso de humedecer el trigo, es el paso más importante en la preparación del grano para la molienda, con esto se flexibiliza el tegumento, reduciendo la posibilidad de que se produzca polvillo de salvado, que pasaría a contaminar la harina dando color más oscuro y mayor contenido de cenizas (Evers, A.D. 1993).*

*Una correcta humedad y tiempo de reposo adecuado, facilitan la separación de endosperma y el tegumento (Mabile y col., 2001), favoreciendo una mayor extracción de harina.*

*El tiempo de reposo permite que la humedad penetre en el grano, se hinche, genere diferencias de presiones en las distintas células del pericarpio, produzca un resquebrajamiento celular y se disminuya la dureza cristalina del endospermo (Gaines y col., 1996), con lo cual se favorece la molienda y se reduce el consumo de energía (Owens, 2001).*

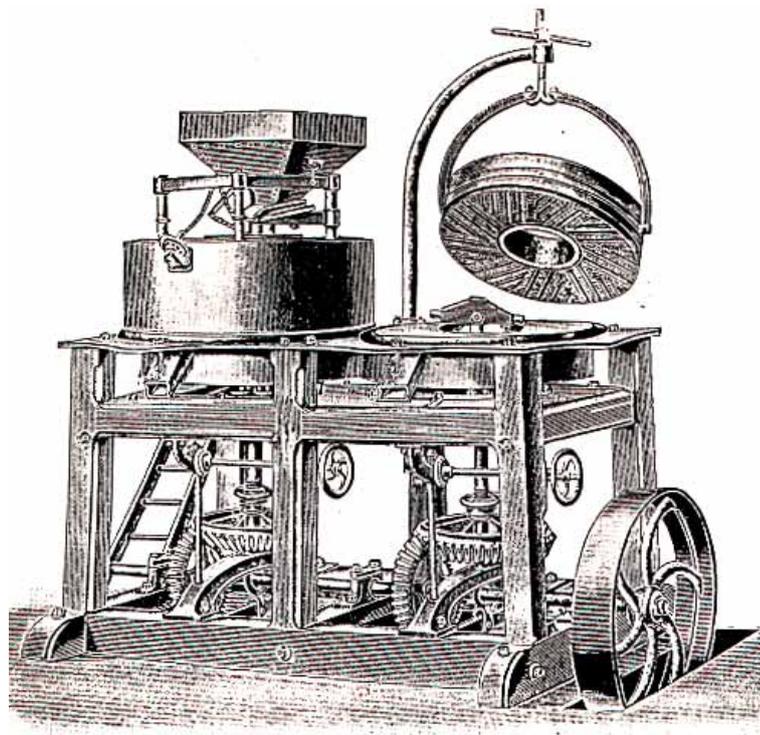
*El porcentaje de agua a agregar al trigo nunca deberá exceder al 4 %, porque se producirá escurrimiento dentro del silo de reposo y la humedad resultante del trigo será irregular en los distintos sectores del silo y estas variaciones se verán reflejadas con irregularidades en el proceso de molienda, dando altibajos en la calidad de las harinas y en el rendimiento de extracción. Cuando sea necesario agregar más del 4 % se deberá mojar en dos etapas, por lo cual siempre es conveniente contar con un diagrama que tenga doble circuito de mojado.*

*La difusión desde el salvado, se produce en todas las zonas del grano. La velocidad de absorción del agua, varía con las diferentes variedades, pero la forma de absorción es esencialmente la misma. El tiempo necesario para alcanzar el equilibrio varía desde 6 horas para el grano blando con bajo valor proteico (entre 8 y 10%), hasta más de 24 horas para el grano duro, vítreo con alto valor en proteínas (entre 11 y 15%) (Owens, 2001; Turnbull y Rahman, 2002).*

### 3.4- Proceso de Molienda

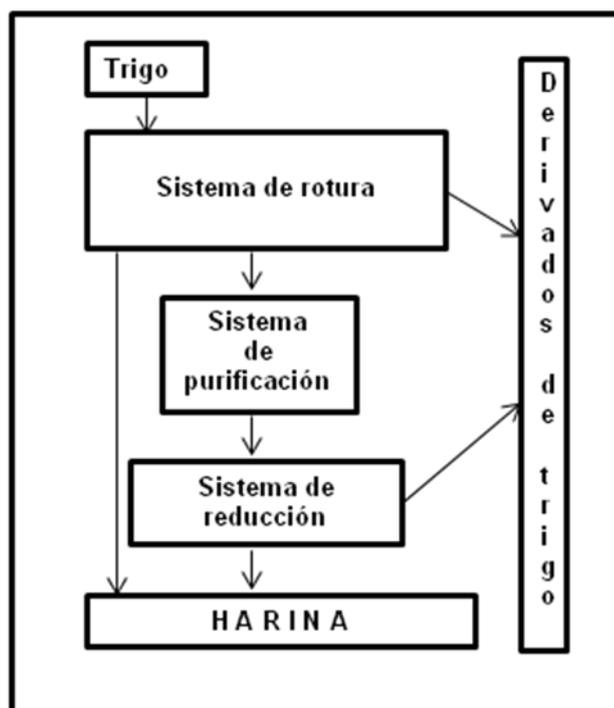
#### 3.4.1 Molienda

La molturación del grano de trigo se realiza en molinos de cilindros en un proceso de reducción gradual. Desde los granos aplastados entre piedras, pasando por los molinos de piedras accionados por aire o agua, las primeras máquinas mecánicas (Figura 23) hasta la actualidad ha habido evolución en los diseños pero el principio sigue siendo el mismo (Catteral, 1998).



**Figura 23. Pequeño molino harinero, Italia, siglo XIX. (Owens, 2001).**

En la Figura 24 se muestra un esquema simplificado del proceso general de molienda con sus pasos principales. El sistema de rotura (*break system*), el de purificación y de reducción de tamaño funcionan merced a rodillos y separadores, dejando de lado el salvado con sus distintas fracciones y embrión (*wheat feed*).

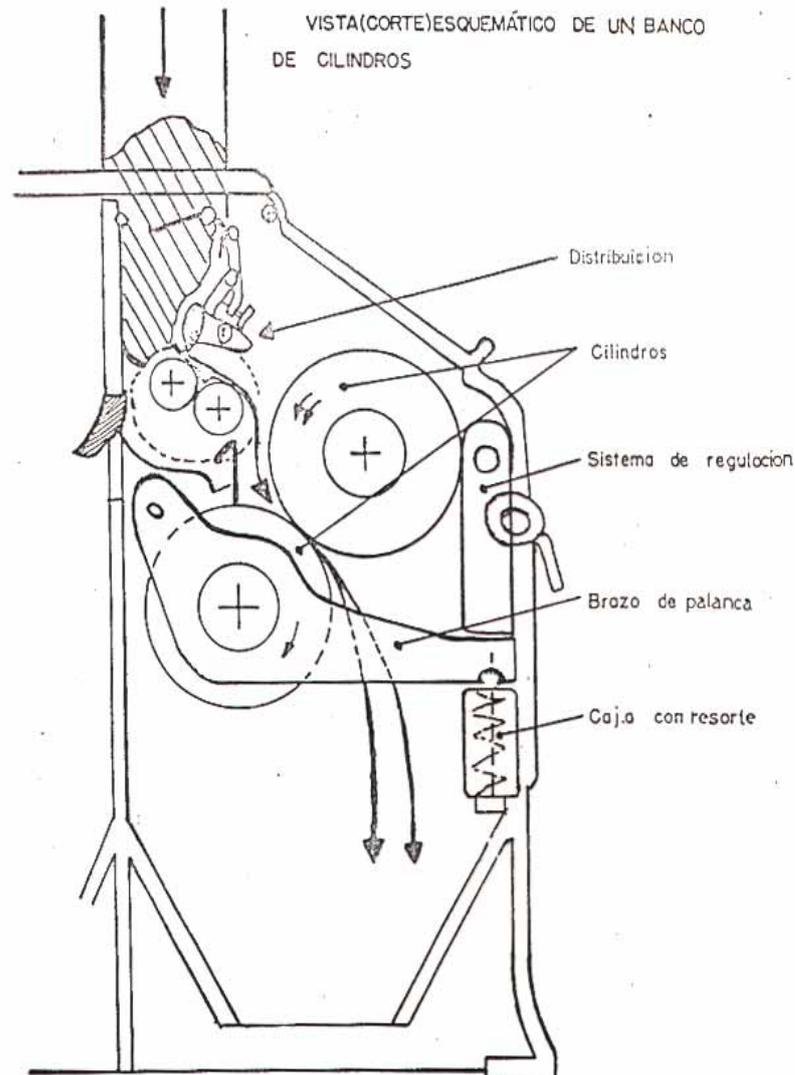


**Figura 24. Esquema de molienda de trigo, Tomado de Gavin (2001).**

La molturación en molinos de rodillos, se realiza entre una pareja de rodillos que giran en sentido opuesto. En el entrehierro (donde los dos rodillos se aproximan entre sí), las dos superficies llevan la misma dirección (Figura 25).

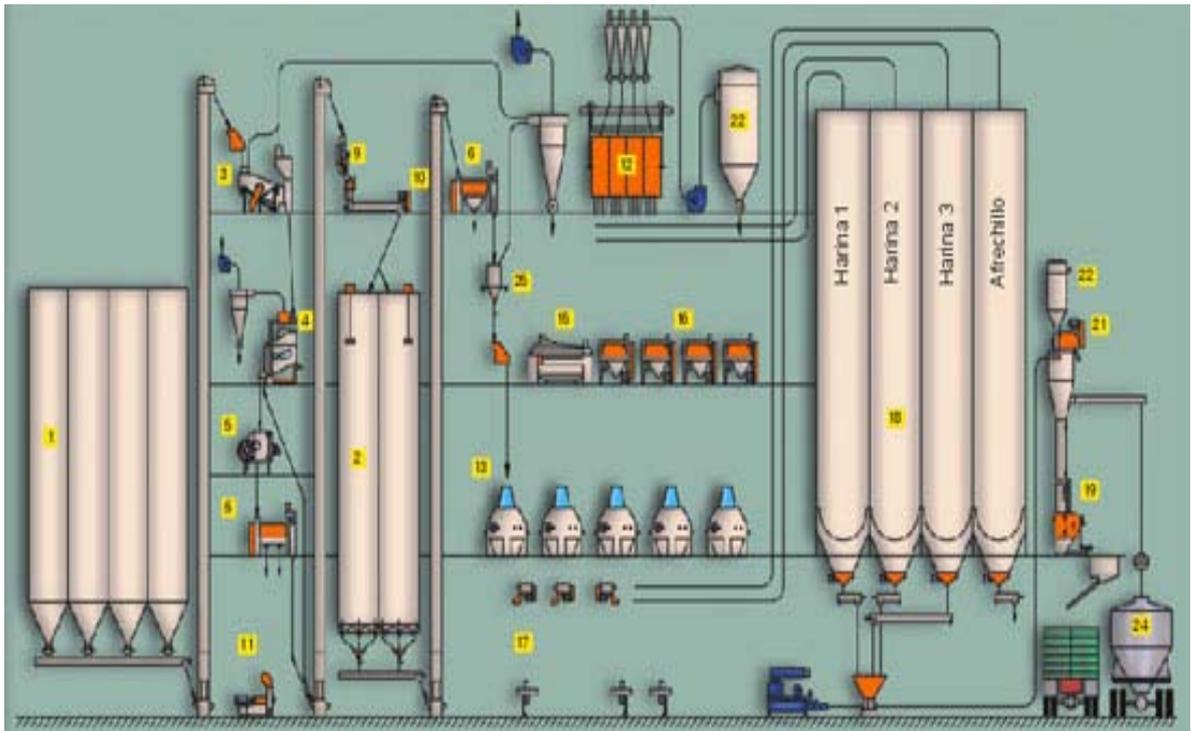
En el proceso de molienda el primer objetivo es la separación del salvado y el germen del endosperma. Esto se consigue en su mayor parte en el sistema de fragmentación del molino (Figura 25), (Hrus̃kova y col., 2006). Después de la separación, el objetivo siguiente es reducir el endospermo a la finura deseada de la harina que se consigue con el sistema de reducción.

Cada rodillo del mismo par funciona con velocidad distinta, girando el más rápido, generalmente, a dos veces y media la velocidad del más lento. Así, además de la acción de compresión al pasar una partícula suficientemente grande por el estrecho espacio entre los dos rodillos, hay una acción de corte a causa de la diferencia de velocidades de ambos rodillos (Kent, 1984). Tanto el rendimiento molinero como el porcentaje de almidón dañado y la energía consumida, estarán en directa relación con la dureza del grano (Gaines y col., 1996; Turnbull y Rahman, 2002, Hrus̃kova y col., 2006).



**Figura 25. Esquema simplificado del sistema de rodillos de ruptura.**

El sistema de fragmentación se compone de cuatro o cinco juegos de rodillos (Figura 26). El número de estrías por pulgadas, varía desde 10-12 para el primer par de rodillos hasta 28-32 en el cuarto o quinto. En las estrías del rodillo lento queda retenido el grano en el surco, mientras está siendo rascado por el rodillo rápido en el lado opuesto; en las primeras fragmentaciones, el endosperma se separa en trozos más bien grandes, y en las últimas, se trata de raspar el salvado (Figura 26) (Evers, 1993; Owens, 2001).



**Figura 26. Diagrama básico de molienda.**

**Referencias: 1 Silo de materia prima, 2 Silos de descanso, 3 Zaranda, 4 Despeditadora gravimétrica, 5 Separador a discos, 6 Despuntadora, 7 Desgerminadoras, 8 Imán, 9 Humectador automático, 10 Mojador, 11 Molino a martillos, 12 Plansichter, 13 Bancos de cilindros, 14 Turbotarara, 15 Saso, 16 Cepilladoras, 17 Disgregadores, 18 Silos de almacenaje, 19 Embolsadora, 20 Mesa de ensimétrica, 21 Cernidor cónico, 22 Filtro de mangas, 23 Camión, 24 Camión tolva, 25 Balanza automática**

Cada juego de rodillos es seguido por un sistema de separación. El producto es apartado por tamices que pueden llegar hasta 12. Las piezas grandes de salvado, que llevan cantidades considerables de endosperma, se envían al break siguiente; las partículas de otros tamaños, pueden enviarse a los purificadores y después a los rodillos de reducción (Figura 26) (Kent, 1984).

En cada rodillo break se produce una pequeña cantidad de harina. Las partículas de endosperma de tamaño mediano, que contienen partículas de salvado, se pasan por un purificador. Mientras el tamiz oscila, se hace pasar a través una corriente de aire en sentido ascendente, haciendo que el producto se estratifique. Las partículas ligeras de salvado son eliminadas por el aire y los

trozos de endosperma son calibrados y enviados a los diferentes rodillos de reducción (Owens, 2001).

Los rodillos de reducción son lisos, en lugar de estriados. El objetivo del sistema de reducción (Figura 27 a) es reducir las partículas de tamaño mediano a finura de harina, y eliminar las últimas partículas de salvado (Evers, 1993) y germen que puedan quedar. Tras cada paso de molturación, se criba el producto, se separa la harina y las partículas más gruesas son enviadas a los rodillos de reducción apropiados.

Existe alta correlación entre parámetros del grano (dureza, geometrías y contenido de cenizas), y parámetros que hacen a la tecnología de la panificación (contenido de proteína, absorción de agua, reología de masas, volumen específico de pan), que devienen del proceso de molienda, su agresividad y rendimiento en harina (Hruskova y col., 2006). El producto terminado se embolsa en distintos empaques (Figura 27 b) y se estiba hasta su comercialización o se despacha a granel.



**Figura 27. a) Sistema de reducción de tamaño. b) Envasado de harina en bolsas de 50 Kg. Fuente Molino Nuevo S.A**

### 3.4.2- Subproductos de la molienda

Para finalizar, en la Figura 28 se presenta un diagrama del flujo con los productos y subproductos de la molienda del trigo.

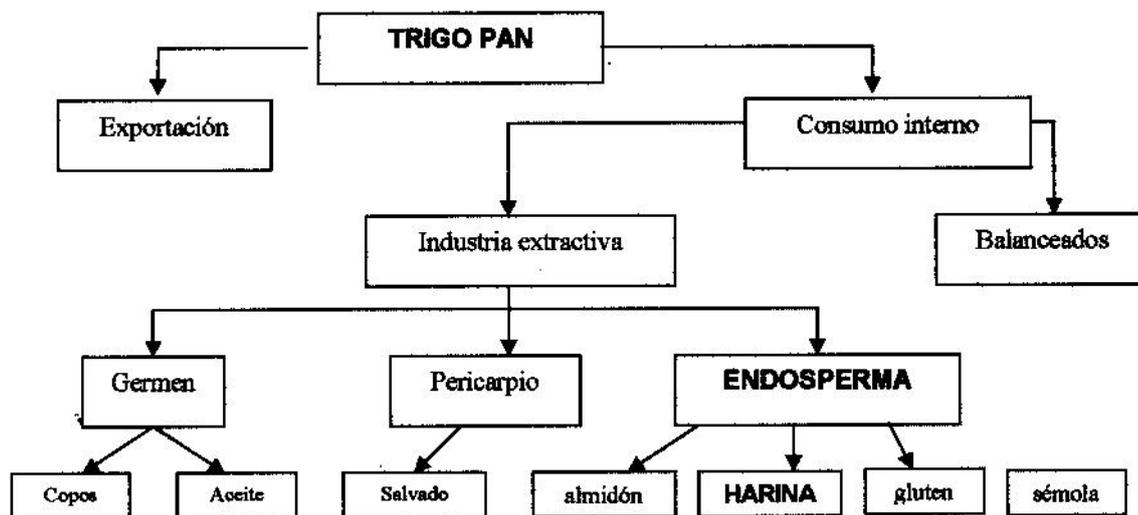


Figura 28. Productos y subproductos del procesamiento del trigo. Fuente: adaptado de Alimentos Argentinos, SAGPyA.

## 4- Harina de trigo

El término “harina” se usa generalmente para describir cualquier sustancia comestible en forma de polvo.

De todos los cereales utilizados para la elaboración de harinas, el trigo es por lejos el más versátil. Los otros cereales son molidos y utilizados frecuentemente en cocina, pero como no dan masas viscoelásticas no son apropiados para elaborar productos horneados como el pan y las tortas, salvo mezclados con harina de trigo. Es por esto que para la mayoría de la gente “harina” significa harina de trigo.

Según el artículo 661 del Código Alimentario Argentino (CAA); con la denominación de “harina”, sin otro calificativo, se entiende: el producto obtenido de la molienda del endosperma del grano de trigo que responda a las exigencias de éste. Las harinas tipificadas comercialmente con los calificativos: cuatro

ceros (0000), tres ceros (000), dos ceros (00), cero (0), medio cero (medio 0), harinilla de primera y harinilla de segunda, corresponderán a los productos que se obtienen de la molienda gradual y metódica del endosperma en cantidad de 70 – 80 % del grano limpio.

Las harinas tipificadas comercialmente según se mencionó arriba deberán responder a las características mostradas en la Tabla 2.

**Tabla 2: Características de los distintos tipos de harinas obtenidas durante la molienda, tomado de CAA.**

<b>HARINA TIPO</b>	<b>HUMEDAD g / 100 g</b>	<b>CENIZAS g / 100 g</b>	<b>ABSORCIÓN ml / 100 g</b>	<b>VOLUMEN PAN cm<sup>3</sup> / 100 g</b>
<b>0000</b>	15,0	0,492	56 – 62	550
<b>000</b>	15,0	0,65	57 – 63	520
<b>00</b>	14,7	0,678	58 – 65	500
<b>0</b>	14,7	0,873	60 – 67	475
<b>½ 0</b>	14,5	1		350

La harina se tipifica utilizando los siguientes ensayos de acuerdo al Código Alimentario Argentino.

La **humedad** será determinada en condiciones tipificadas a 130 ° C durante 1 hora (según Norma IRAM 15850).

Las **cenizas** serán determinadas a 900 – 920° C y calculadas sobre producto seco, admitiéndose una tolerancia de hasta el 3 % sobre los valores establecidos (según Norma IRAM 15051).

Por **absorción de agua** se entiende la cantidad de agua que absorben 100 g de harina. Farinograma (según Norma IRAM 16855).

Por **volumen de pan** se entiende el volumen de pan que se obtiene con 100 g de harina (según Norma IRAM 15858-1 ó AACC N° 10-09).

Las harinas obtenidas de numerosos cultivares sembrados en una variada gama de ambientes hace que se obtengan harinas de distinta calidad debido a la interacción genotipo-ambiente. Esto tiene como consecuencia que, para poder

*ofrecer una calidad consistente a través del tiempo, las harinas comerciales se hagan con mezclas de dos o más variedades de trigo de distintas características (Kamal y col., 2009). Esto permite al molinero ofrecer un producto de calidad relativamente constante, pero también contribuye a enmascarar la calidad de los trigos argentinos y su potencial tecnológico.*

#### **4.1- Caracterización físico-química y reológica de harinas**

*Para evaluar la calidad panadera de las harinas varietales y/o las mezclas comerciales se utilizan, como ya se explicó anteriormente, diversos ensayos físico-químicos como la determinación de porcentaje de proteína, gluten, cenizas. También se evalúa la capacidad de retención de solventes (Ram y col., 2005) y la actividad enzimática por el método de Falling Number. Entre los ensayos reológicos tradicionales más utilizados se puede mencionar las medidas alveográficas, farinográficas, mixográficas y extensográficas.*

##### **4.1.1- Ensayos reológicos tradicionales**

*Dentro de las pruebas reológicas tradicionalmente utilizadas en nuestro país están las desarrolladas por la industria europea y que tienen alguna correlación positiva con el volumen de pan y/o con características de las masas que orientan sobre sus posibilidades tecnológicas (Alvarado y Aguilera, 2001). Es así que los métodos imitativos (alveograma, farinograma, mixograma) proveen parámetros tales como la tenacidad (P), extensibilidad (L) que provienen del ensayo a hidratación constante desarrollado por Chopin (Indrani y col., 2007, Figura 29 b).*

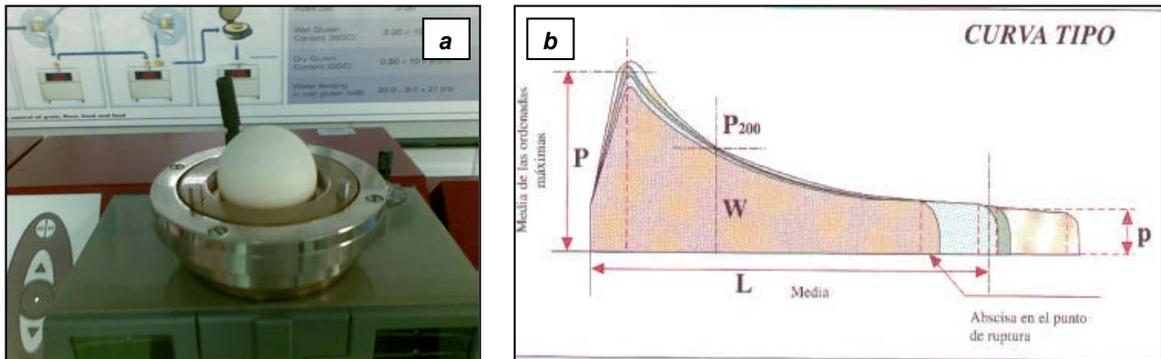


Figura 29. a) Alveograma en curso, b) curva alveográfica tipo con parámetros más usados: P (tenacidad), L (extensibilidad), W (fuerza alveográfica).

También se utiliza el ensayo desarrollado por Brabender en el que se determina porcentaje de absorción de agua (Abs%), tiempo de desarrollo (td) y tolerancia al amasado (Estabilidad) (Figura 30). Estos métodos son ampliamente utilizados, no sólo por la industria local sino que también por acopiadores, molineros y exportadores, como una forma sencilla de caracterizar su materia prima, por someter a las masas a esfuerzos de deformación similares a los del proceso de panificación y por su relación con la performance panadera (Xiujin y col., 2007).

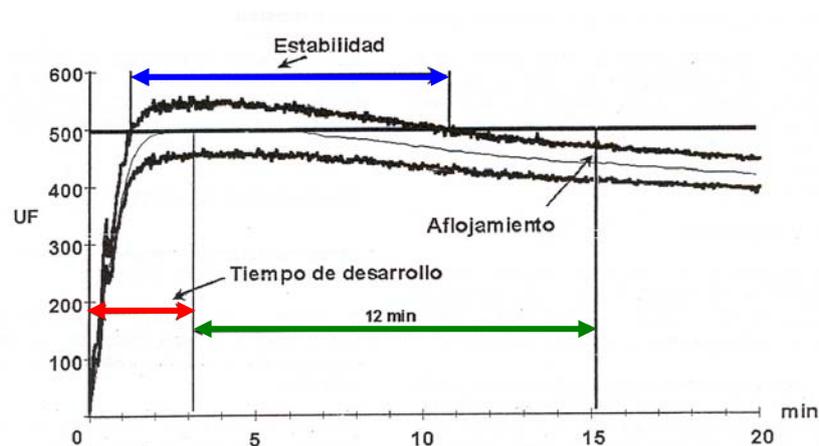


Figura 30. Farinograma de una harina. Adaptado de Norma IRAM 15855 (2000).

#### **4.1.2- Hidratación de harina de trigo: formación de masa**

*Se sabe que el sistema harina-agua no desarrolla sus características hasta que no se le provee de energía. Es así que el mezclado-amasado es fundamental para su estudio, especialmente por la capacidad diferencial de las harinas y sus componentes de absorber agua (proteínas, almidón,  $\beta$ -glucanos) (Wang y col., 2002). La masa panaria es un sistema con agua limitada (Stauffer, 1990; Wagner y col., 2007) pero el límite necesario para un buen desarrollo de la misma variará de acuerdo a la calidad de las harinas (tipo y calidad de proteínas, % de almidón dañado) y/o el tipo de panificado (Stauffer, 1990; Dobraszczyk y Morgenstern, 2003; Lin y col., 2003). Es así que la cantidad de agua para desarrollar una masa panaria oscila entre el 55 -60% (Wagner y col., 2007), la de masas para budines o panqueques llega hasta 70-75% y es mucho menor en las masas para galletitas dulces (Amend y Belitz, 1990, Bloksma, 1990).*

*En el proceso continuo de amasado se va creando un nuevo sistema con una matriz proteica continua (Stauffer, 1990; Dobraszczyk y Morgenstern, 2003; Kuktaite y col., 2004), el gluten, con gránulos de almidón dispersos en ella (Faubion y Hoseney, 1990; Stauffer, 1990). Sin embargo, durante el proceso de amasado se forman enlaces entre las proteínas de distinto tipo, básicamente puentes hidrógeno entre gliadinas y gluteninas de bajo peso molecular, y enlaces covalentes como puentes disulfuro entre moléculas de glutenina (Weegels, 1994; Shewry y Tatham, 1990; Stauffer, 1990; Shewry, 2001, Puppo y col., 2005; Sapirstein, 2006, Kamal y col., 2009) que darán resistencia a esa masa.*

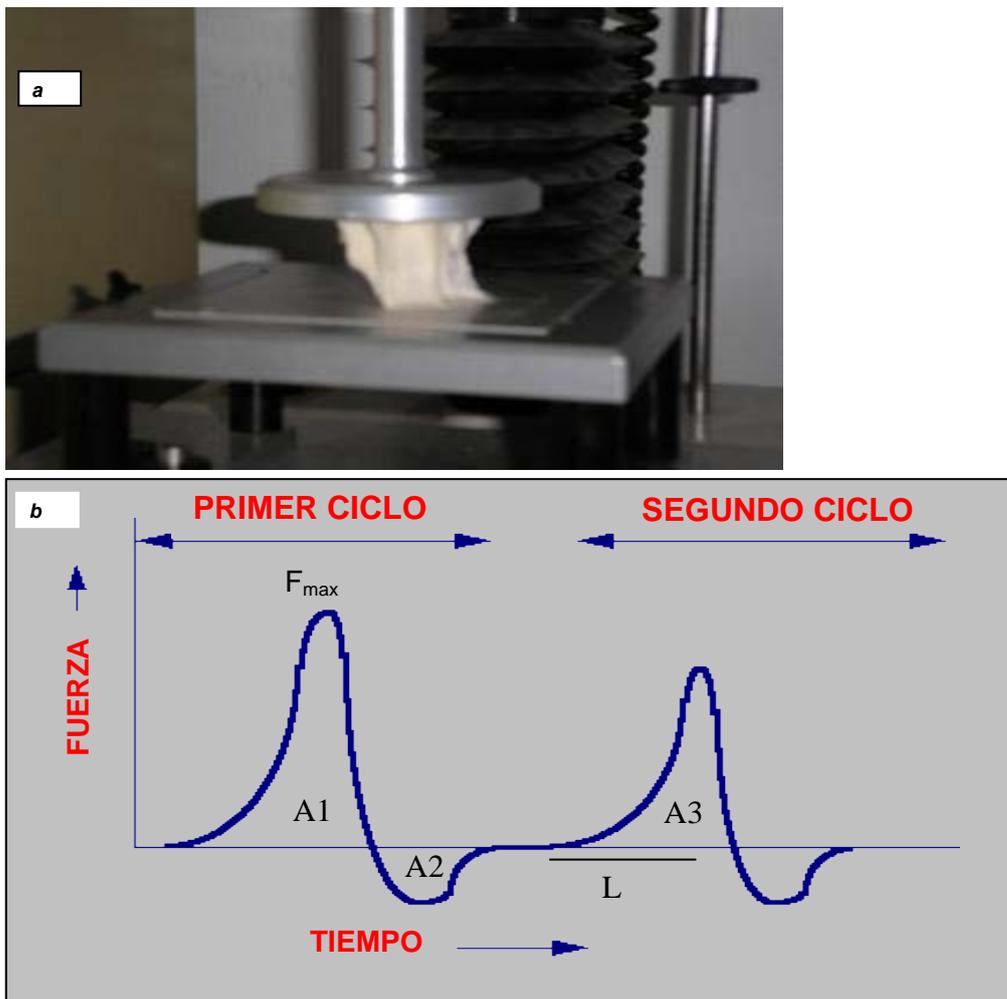
*En el sobre amasado se producen cambios debido a la depolimerización proteica por ruptura de esos puentes hidrógeno, resultando en aumento de la solubilidad de las proteínas (Hoseney 1982, Weegels, 1994; Skerritt y col., a, b 1999) y disminución de la elasticidad y aumento de la viscosidad y pegajosidad de la masa, características muy importantes en procesos industriales y que afectarán la calidad del producto final (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003; Kuktaite y col., 2004). De allí la importancia que adquieren pruebas predictivas*

del tipo del farinograma para determinar el tiempo óptimo de desarrollo de la masa, como también la cantidad óptima de agua a agregar.

#### **4.1.3- Caracterización reológica de masas**

La formación de la masa parte de los componentes básicos, harina y agua (Stauffer, 1990; Wagner y col., 2007), más la adición de trabajo (Hoseney, 1985). Este proceso se realiza generalmente con una amasadora manual. Algunos equipos, como los de los ensayos tradicionales (farinógrafo, alveógrafo) tienen la amasadora incorporada, y es específica para los parámetros que se determinan en los mismos.

Existen métodos reológicos no-tradicionales para evaluar la reología de las masas formadas en la amasadora, uno de ellos es el Análisis de Perfil de Textura (Texture Profile Analysis, TPA), que se lleva a cabo en un texturómetro (Figura 31 a). Se realiza un doble ciclo de compresión y se grafica la fuerza de compresión en función del tiempo (Figura 31 b). Del perfil de textura se calculan diferentes parámetros. La Dureza ( $D$ ) se obtiene de la máxima fuerza registrada durante la primera compresión ( $F_{max}$ ), la Adhesividad ( $Adh$ ) es el área negativa que se obtiene al finalizar el primer ciclo de compresión ( $A_2$ ). La Cohesividad ( $Coh$ ) se define como el cociente entre el área positiva que se obtiene en el segundo ciclo ( $A_3$ ) y la del primer ciclo ( $A_1$ ). La Elasticidad ( $Elst$ ), se suele relacionar a la distancia entre el inicio y la fuerza máxima en el segundo ciclo de compresión (Steffe, 1996). Por último, la Gomosidad ( $Gom$ ) se obtiene de multiplicar la Dureza por la Elasticidad ( $Dur * Elst$ ).



**Figura 31. a) Ensayo de compresión (TPA) de masa en curso, b) curva TPA tipo con dos ciclos de compresión.**

Es bien conocido que las masas de trigo presentan un comportamiento viscoelástico (Stauffer, 1990; Autio y col., 2001; Puppo y col., 2005), por lo que su relación con la energía aplicada resulta en generación de calor (proceso viscoso) y acumulación de energía (proceso elástico). Estas propiedades viscoelásticas particulares de las masas de harinas de trigo están a menudo relacionadas con su desempeño único en los productos panificados (Menjivar, 1990; Amend y Belitz, 1990; Autio y col., 2001; Anderssen y col., 2004; Kuktaite y col., 2004, He y col., 2005; Kamal y col., 2009). Las relaciones entre las

*propiedades viscoelásticas y la performance panadera se conocen empíricamente pero distan mucho de estar explicadas acabadamente.*

*En consecuencia, otro ensayo no tradicional es el que mide la viscoelasticidad de la masa a través del módulo elástico  $G'$ , módulo viscoso  $G''$  y  $\tan \delta = G''/G'$ . Los ensayos de textura y viscoelasticidad, al igual que los empíricos, son predictivos, de medición indirecta e intentan con grados variables de ajuste, predecir la calidad panadera y poder soslayar la prueba directa, el ensayo de panificación (Stauffer, 1990; Dobraszczyk y Morgenstern, 2003).*

*Los ensayos de reometría dinámica (barrido de deformación y frecuencia) se llevan a cabo en un reómetro oscilatorio (Figura 32 a). No se utiliza en la industria panadera por ser un equipamiento costoso y poco accesible y por la diferente magnitud existente entre los esfuerzos de este ensayo y los presentados en el proceso de panificación. Esta diferencia se traduce en algunos casos en una inadecuada relación entre sus parámetros y la performance panadera (Autio y col., 2001). El reómetro, por aplicar bajas deformaciones, se utiliza preferentemente para el análisis viscoelástico de la masa y su relación con la estructura de la red de gluten. Los parámetros que se miden son el módulo elástico ( $G'$ ), el módulo viscoso ( $G''$ ) y la relación entre dichos módulos ( $\tan \delta = G''/G'$ ) (Figura 32 b).*

*Los parámetros  $G'$  y  $G''$  son, al igual que la absorción de agua, dependientes del tiempo de amasado (Bohlin y Carlson, 1980); un aumento del tiempo de amasado produce en general una reducción del  $G'$ . Sin embargo, a tiempo constante de amasado, las diferencias en el módulo elástico debidas al porcentaje de agua absorbido como consecuencia de la distinta cantidad de proteína, suelen ser mínimas.*

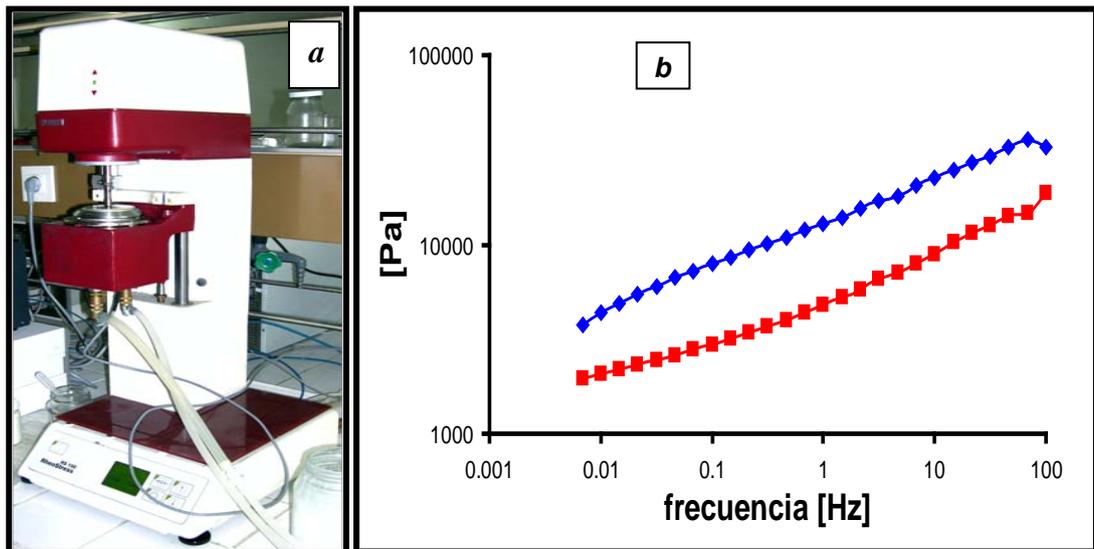


Figura 32. a) Reómetro Thermo Haake, b) Barrido de frecuencia representativo de una masa.  $\blacklozenge$   $G'$ ,  $\blacksquare$   $G''$ .

### 5- Proteínas de trigo: gliadinas y gluteninas

Las proteínas de trigo, como ya mencionamos anteriormente, están conformadas por las proteínas de reserva, gliadinas y gluteninas (Schofield y Booth, 1983; Gianibelli y col., 2001; Wieser, 2007). En la Figura 33 podemos observar la clasificación actual de las proteínas de reserva del trigo:

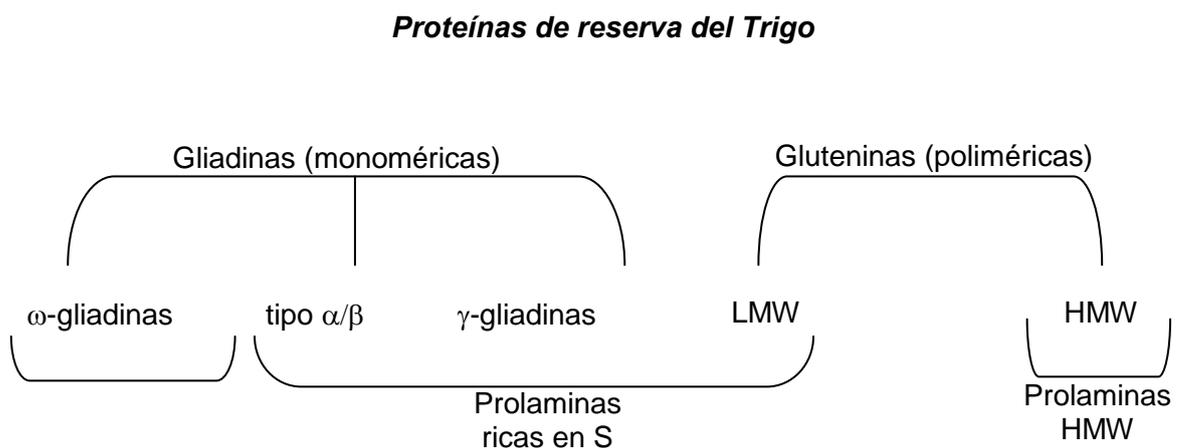


Figura 33. Esquema de la clasificación actual de las proteínas de reserva del Trigo. Shewry y col. (1986).

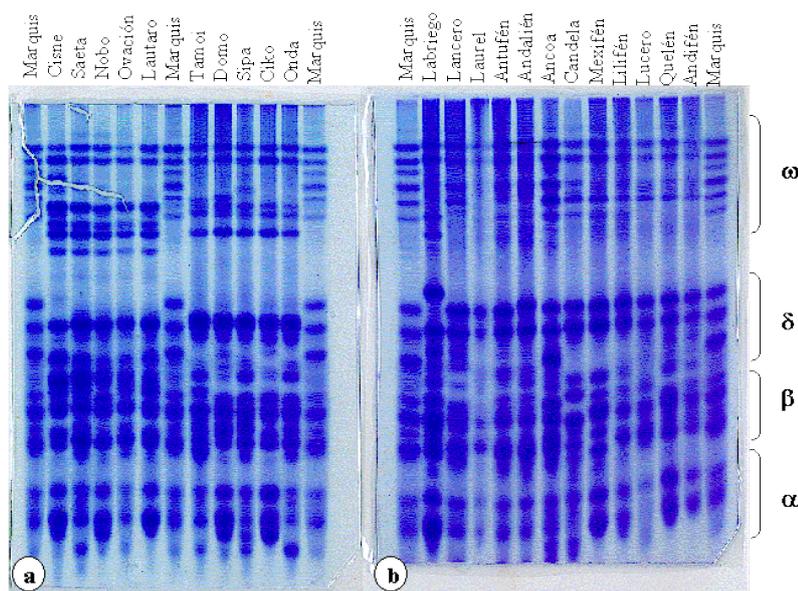
*Las gliadinas son una mezcla de polipéptidos monoméricos y las gluteninas consisten en polipéptidos asociados por puentes disulfuro (Sapirstein y Fu, 1998; Shewry y Tatham, 1990; Daniel y Triboi, 2000; Singh y MacRitchie, 2001 a; Veraverbeke y Delcour, 2002, Dupont y Altenbach, 2003).*

*Las gliadinas, presentan masas moleculares pequeñas que oscilan alrededor de unos 50 kD, son de cadena simple y desarrollan pegajosidad al estar hidratadas. Tienen poca o nula resistencia a la extensión y parecen ser las responsables de la coherencia y viscosidad de la masa (Mosleth y Uhlen, 1990; Metakovsky y col., 1997; Daniel y Triboi, 2000; Gras y col., 2001; Khatkar y col., 2002a, b; Dupont y Altenbach, 2003; Belton, 2005; He y col., 2005; Wieser, 2007).*

*La técnica más ampliamente utilizada en todo el mundo para identificar subunidades de gliadinas y gluteninas es la electroforesis en geles de poliacrilamida (SDS-PAGE).*

*Las **gliadinas** se clasifican en  $\omega$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  gliadinas en relación con su movilidad electroforética (Figura 34), siendo las primeras las de mayor masa molecular, oscilando entre 50 y 65 kD (Hamauzu y col., 1974). Estudios posteriores permitieron comprender más acabadamente su composición y se pudo agrupar a las prolaminas de acuerdo a su relación con el azufre (Shewry y col., 1986).*

*Las **gluteninas** son un grupo heterogéneo de proteínas, cuyo peso molecular oscila entre unos 100.000 y varios millones, con un promedio de unos 3 millones (Arfvidsson y col., 2004). Las gluteninas están compuestas por subunidades de alto (HMWG) y bajo peso molecular (LMWG) (D´Ovidio y Masci, 2004; Belton, 2005) asociadas por puentes disulfuro. Con la formación de entrecruzamientos, las gluteninas hacen una mayor contribución a la textura y reología de la masa (Gras y col., 2001; Veraverbeke y Delcour, 2002; Belton, 2005; Wieser, 2007). Algunas subunidades de gluteninas se identificaron como indicadoras de calidad panaria (Payne y col., 1987; Gupta y col., 1993; Shewry y col., 2001, Tronsmo y col., 2003c; He y col., 2005; Belton, 2005 ; Wieser, 2007; Kamal y col., 2009).*



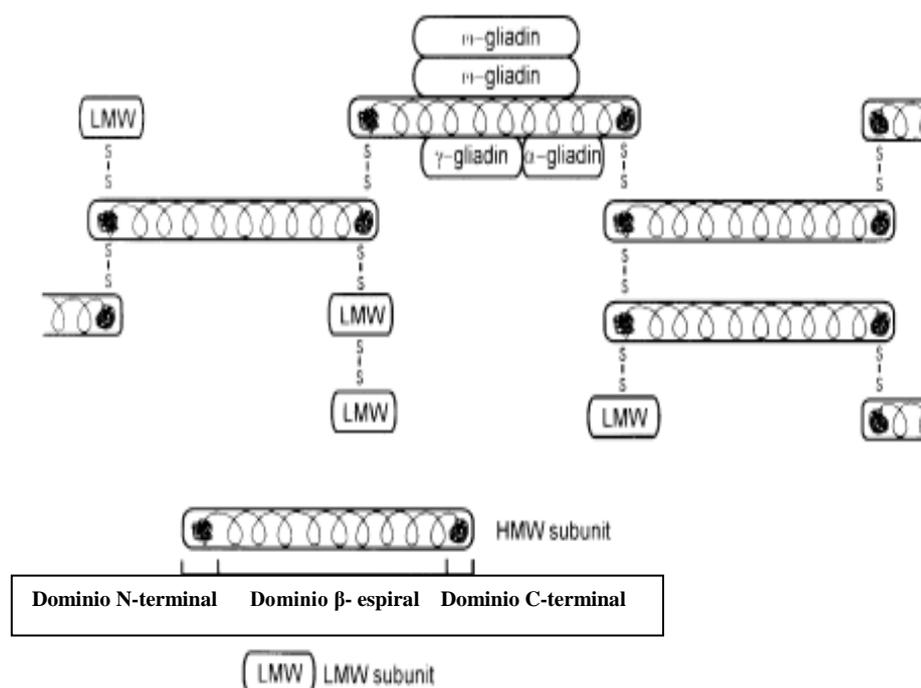
**Figura 34. Perfiles de gliadinas de 22 cultivares chilenos en geles de poliacrilamida ácida A-PAGE. Las letras griegas de la derecha indican los cuatro grupos de gliadinas de trigo. Tomado de Hinrichsen y col. (2002).**

Las  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  gliadinas, junto con las LMW gluteninas (LMWG) son ricas en azufre, comparten secuencias en común y se encuentran organizadas en dominios. Todas presentan varias cisteínas en su secuencia, sin embargo en las  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  gliadinas todos los restos sulfhidrilos se encuentran formando puentes S-S intracatenarios, mientras que las LMWG presentan restos SH libres capaces de formar puentes S-S intercatenarios con otras LMW o con las HMW gluteninas (HMWG). Estas uniones S-S son las responsables de sus propiedades de solubilidad (Shewry y Tatham, 1997a).

En la Figura 35 se observa el modelo de interacción entre las distintas subunidades de gliadinas y gluteninas en el gluten, propuesto por Shewry y col. (2001).

Desde el punto de vista tecnológico, las gliadinas son responsables de la extensibilidad, facilitan la fluidez y expansión de una masa (Daniel y Triboi, 2000; Faergestad y col., 2004b; He y col., 2005), contribuyendo a aumentar el volumen de hogaza, mientras que las gluteninas son responsables de la elasticidad y cohesividad de la masa panaria (Uhlen y col., 2004; Wieser, 2007;

Wieser y col., 1994; Carceller y Aussenac, 1999; Belton, 2005; Sapirstein, 2007). La calidad del trigo para pan depende de la calidad y cantidad de estas proteínas del gluten (Díaz Dellavalle y col., 2006; Sapirstein, 2007).



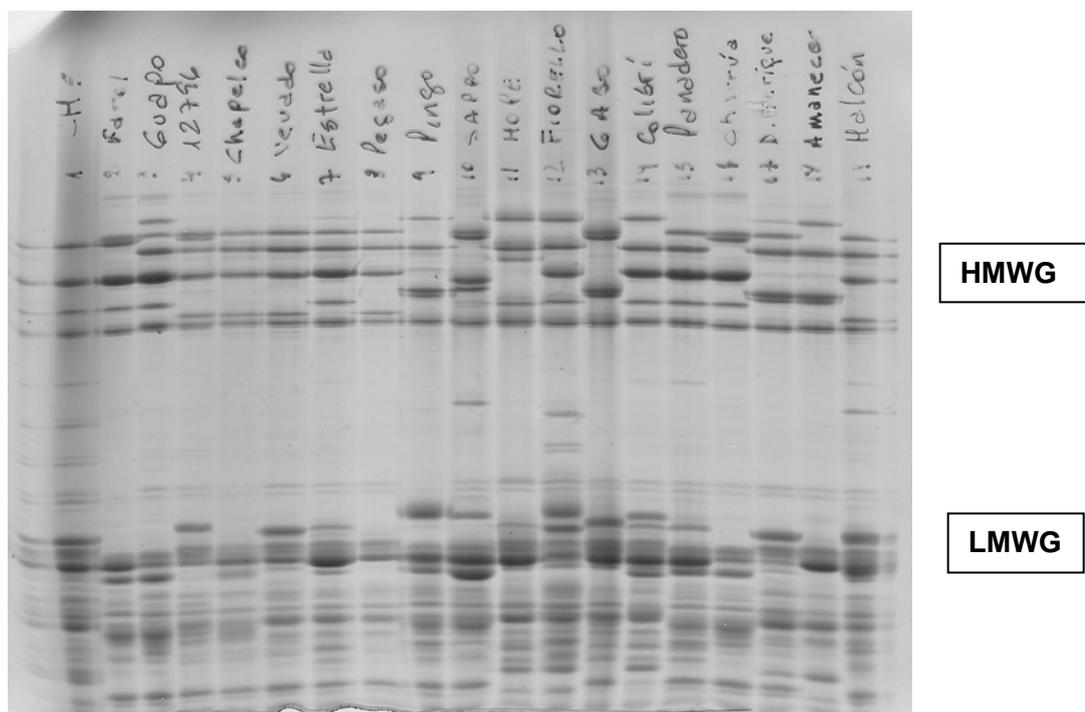
**Figura 35. Modelo de gluten propuesto por Shewry y col. (2001).**

La relación gliadinas/gluteninas, y el tamaño de los polímeros de glutenina afectan las propiedades reológicas de la masa (MacRitchie y col., 1990; Daniel y Triboi, 2000; Singh y MacRitchie, 2001, Grass y col., 2001; Veraverbeke y Delcour, 2002; Belton, 2005; He y col., 2005; Kamal y col., 2009).

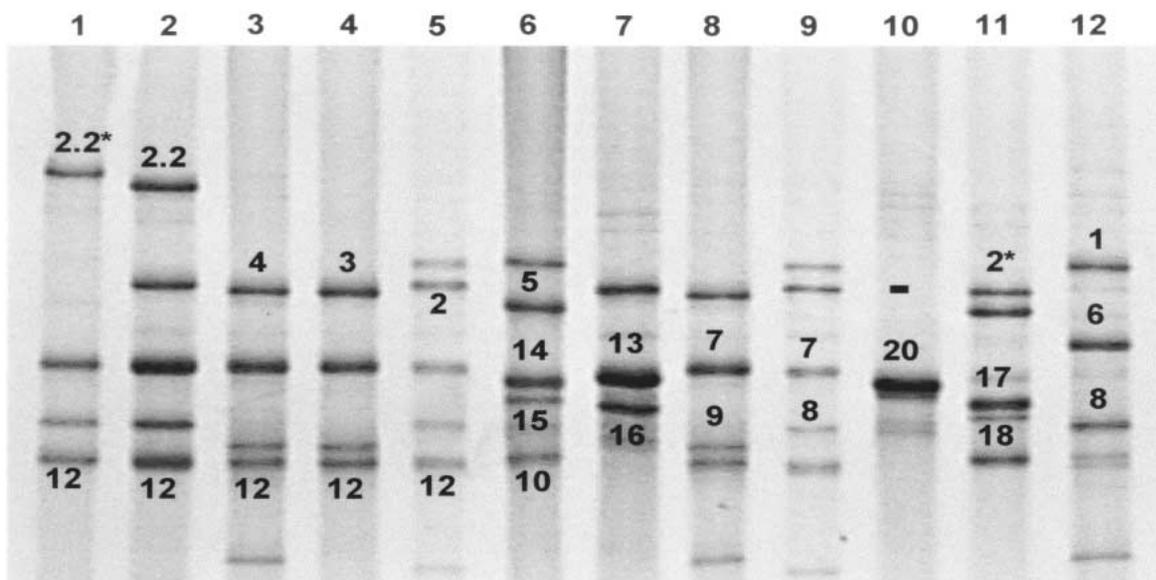
### 5.1- Gluteninas de Cultivares

La Figura 36 muestra el perfil electroforético claramente diferente de gluteninas de alta (HMWG) y baja (LMWG) masa molecular de cultivares argentinos.

A nivel internacional, se ha adoptado para las HMWG una nomenclatura numérica propuesta por Payne y Laurence (1983) para identificarlas (Figura 37). Las HMWG son codificadas por los genes ubicados en tres loci que están en distintos grupos ubicados en el brazo largo de los cromosomas A1, B1 y D1, que en su conjunto se los denomina Glu-1 dentro del genoma de trigo pan (Payne y col., 1987). Mediante el análisis de esta fracción proteica se han podido identificar estas subunidades y determinar que cada locus tiene una extensa variación alélica. Así el cromosoma 1A codifica las subunidades 1, 2\* y nulo; el cromosoma 1B codifica una subunidad (7, 20) o bien un par de subunidades, (7+8, 7+9, 6+8, 13+16 y 17+18). El cromosoma 1D codifica el par de subunidades 2+12, 3+12, 4+12, 5+10 (Sutton, 1991).



**Figura 36.** SDS-PAGE de cultivares argentinos y cultivares internacionales (Chinese Spring, Sappo, Holi y Gabo) utilizados como patrones. Tomado de Lerner y Ponzio (2003).



**Figura 37. SDS-PAGE de gluteninas de alto peso molecular de distintos cultivares de trigo. Tomado de Shewry y col. (2001). Los alelos del locus *Glu-D1* aparecen entre las líneas 1-6, los correspondientes a *Glu-B1* del 6 al 12 y *Glu-A1* en 11 y 12. Los diferentes alelos fueron numerados de acuerdo a Payne y Lawrence (1983).**

Las HMWG constituyen la huella dactilar de los cultivares de trigo, ya que, con distintas combinaciones, conforman un patrón único para cada variedad. Además son las que han sido estudiadas con mayor detalle en relación a la elasticidad de la masa y performance panadera (Weegels y col., 1996; Larroque y col., 2000; Shewry y Tatham, 1990; Shewry y col., 2003; Tronsmo y col., 2003c; Anderssen y col., 2004; Belton, 2005; He y col., 2005; Don y col., 2006; Wieser, 2007).

Estas proteínas, junto a LMWG y las gliadinas, en presencia de agua y trabajo mecánico son capaces de formar una red viscoelástica denominada gluten (Lagudah y col., 1988; Lindsay y Skeritt 1999, Larroque y col., 2000; Shewry y col. 2001, Khatkar y col., 2002 a,b; Belton, 2005; Don y col., 2006; Wieser, 2007). Aún cuando las HMWG constituyen sólo el 10% de las proteínas de reserva, está muy bien definido que estas proteínas pueden formar polímeros de masa molecular que exceden el millón (Meredith y Wren 1966; Khan y Bushuk 1979; Field y col., 1983, Belton, 2005) y que ejercen el mayor efecto (alrededor del 60%) sobre la calidad panadera (Payne y col., 1984, 1987, Lagudah y col., 1988, Weegels y col., 1996, Shewry y col., 2003, Tronsmo y col., 2003c; Uhlen

y col., 2004, Belton, 2005; He y col., 2005; Don y col., 2006; Wieser, 2007; Kamal y col., 2009).

### 5.1.1- Clasificación de Cultivares según HMWG

Las relaciones entre las variaciones moleculares de las subunidades HMWG codificadas por los genes *Glu-A1*, *Glu-D1* y *Glu B1* y parámetros de calidad han sido abordadas en épocas tempranas y en numerosos estudios (Payne, 1987, Payne y col., 1987, 1981; He y col., 2005). Payne y col. (1984, 1987) generaron un score para diferentes cultivares de trigo asociando el volumen de sedimentación del SDSS-Test con la composición alélica de los loci *Glu-1* que codifican a las HMWG. La relación entre las subunidades HMWG y el puntaje asignado a cada una se muestra en la Tabla 3. Por ejemplo un cultivar que presente las subunidades 2\*, 7+9 y 5+10 tendrá un score de 9, que resulta de la suma 3+2+4. El mayor score, 10, se corresponde con la mejor performance panadera, expresada por el volumen de pan (Tabla 3).

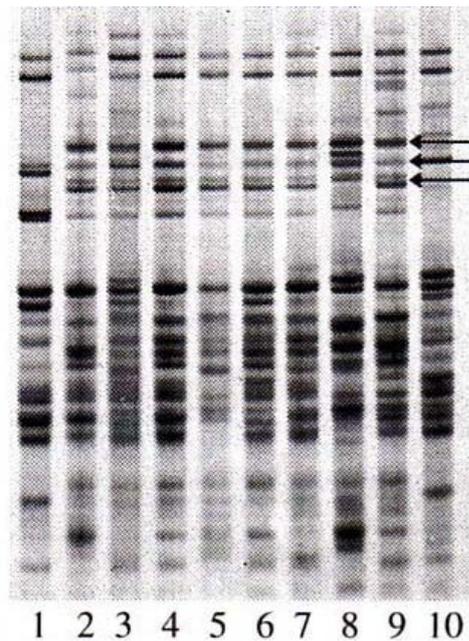
**Tabla 3: Puntaje por calidad asignado a subunidades de HMWG, individuales o en pares. Tomado de Payne y col. (1987).**

Puntaje	Cromosoma		
	1A	1B	1D
4			5+10
3	1	17+18	-
3	2*	7+8	-
3	-	13+16#	-
2	-	7+9	2+12
2	-	-	3+12
1	null	7	4+12
1	-	6+8	-
1	-	20#	-

**#: El puntaje de calidad de estas subunidades no fue asignado a través de análisis genético, sino deducido de las relaciones entre el puntaje de calidad de *Glu-1* de varias colecciones y su verdadera calidad panadera.**

*En Argentina, así como en otros países, existen cultivares con alto score y buena performance panadera y otros en los cuales su score no concuerda con su pobre performance panadera. Este comportamiento es debido a modificaciones genéticas tendientes a mejorar distintos aspectos de los cultivares.*

*La transgenia es una poderosa herramienta que permite conocer aspectos básicos de la función de los genes y las relaciones estructura/función en trigo y otros cereales (Shewry y Jones, 2006). Mediante este proceso (transgenia) se incluyen genes de especies relacionadas, como la llamada “introgresión con centeno” o 1BL/1RS translocación con centeno (Zheng y col., 2009). Esta translocación, que puede darse naturalmente dada la afinidad entre trigo y centeno, involucra al cromosoma 1B de trigo (1BL) (Zeller, 1973) y 1R del centeno combinando el brazo corto (1RS) (Johansson y col., 1994) y el brazo largo 1B. El cromosoma 1RS tiene genes deseables para resistencia a mildews, royas del tallo, hoja y espiga (Zeller y Hsam, 1983, Dyck y col., 1987), también aporta características que mejoran la performance agronómica (Rajaram y col., 1983). A pesar de los efectos beneficiosos asociados a esta translocación en la sanidad, se han también informado pérdidas en la calidad panadera de proporciones variables (Bullrich y col., 1996 y 1998, Bregitzer y col., 2006, Zheng y col., 2009). Así se han hallado cambios en la dureza de la masa y en la tolerancia al amasado relacionados a los cambios en las proteínas, particularmente en ciertos grupos de gliadinas asociadas a buena calidad panadera, o aparición de bandas en la región de las  $\omega$ -gliadinas asociadas a mala calidad (Figura 38) (Bullrich y col., 1996, Dhaliwal y col., 1987, 1988, Martin y Stewart, 1986; Rogers y col., 1989; Graybosch y col., 1990, 1999, Gianibelli y col., 2001; Zheng y col., 2009).*



**Figura 3 8. Patrones de gliadinas de trigos argentinos utilizados. Las líneas 2 a 9 corresponden a variedades con translocación y muestran las bandas de secalinas en la zona de las  $\omega$ -gliadinas (flechas). 1: Pro INTA Imperial, 2: Pro INTA Guazú, 3: Pro INTA Oasis, 4: Pro INTA Federal, 5: Pro INTA Pigüé, 6: Pro INTA Quintal, 7: Klein Cacique, 8: Pro INTA Súper, 9: Buck Charrúa, 10: Buck Ñapucá. Tomado de Bultrich y col. (1996).**

Para estos cultivares Rogers y col. (1989) desarrollaron una modificación al score de Payne. Estos autores vieron que, cultivares con alto score no presentaban una performance panadera acorde al mismo. Dependiendo de la composición de HMWG, la introgresión con centeno afectaba en mayor medida a los cultivares con menor score de Payne. De esta manera se corrigió dicho score restando 2 y 3 puntos a los cultivares de mayor score y de score intermedio, respectivamente; lográndose un ajuste mejor con la calidad panadera (Rogers y col., 1989).

Muchos estudios han sido desarrollados sobre la influencia de las HMWG sobre la calidad panadera de diferentes trigos (Gupta y col., 1989, 1993; Payne y col., 1981, 1987, 1991; Anderssen y col., 2004, Don y col., 2006), pero hay pocos enfocados a los trigos argentinos (Cuniberti y col. 2003, Dubois y Gaido, 2006) y sus mezclas.

*De todos modos, y como ya se ha expresado más arriba, la interacción genotipo x ambiente hace que factores tales como disponibilidad de agua, de nutrientes, variación de temperatura (generalmente altas, por su efecto en el acortamiento del llenado) durante el periodo de llenado de grano y condiciones pre y post cosecha, hagan variar la calidad potencial en mayor o en menor medida, alterando la relación gliadinas/gluteninas y por ende las características del gluten.*

*Las masas logradas a través de la hidratación y el trabajo mecánico serán capaces de retener CO<sub>2</sub> durante la fermentación y posterior cocción del pan, según la calidad de las proteínas (Weegels y col., 1996, Don y col., 2006; Sapirstein, 2006, Kamal y col., 2009).*

### **5.1.2- Clasificación de los cultivares argentinos**

*En muchos países los cultivares son clasificados de acuerdo a características intrínsecas de calidad, es decir por el tipo de HMWG. En Australia, Estados Unidos y Canadá la producción de trigo se ha clasificado en distintas clases o grados. La investigación realizada por Cuniberti (2003, 2004) (Anexo I), por el sector privado a través de AAPROTRIGO (2002) (Anexo II) y la Comisión Nacional de Semillas (CONASE) resultó en una clasificación en tres grupos basada en peso hectolítrico, proteína en grano, rendimiento en harina, cenizas, gluten húmedo, estabilidad farinográfica y volumen de pan y principalmente la fuerza panadera a través del W alveográfico (Miranda, 2001).*

*Las variedades ubicadas en cada grupo presentan valores dentro de un rango para los parámetros mencionados. Por otro lado, dentro de cada grupo de cultivares existe siempre variabilidad entre localidades y campañas debido a la interacción genotipo x ambiente por lo que se ve la necesidad de adecuar criterios de manera que la clasificación no se torne rígida, actualizándola anualmente. La tipificación de la producción triguera debe incluirse en la norma de comercialización vigente (Anexo III), que al presente sólo contempla elementos de condición tales como limpieza, cuerpos extraños y presencia de*

semillas indeseables, peso hectolítrico y porcentaje de proteína en grano, entre otros.

Los trigos argentinos, de acuerdo a su aptitud industrial ( $W$ ) se clasifican en tres grandes grupos (Cuniberti 2003, 2004): I, II, III. El Grupo I (G1) incluye trigos para panificación industrial ( $340 < W < 600$ ); el Grupo II (G2) trigos aptos para panificación tradicional (tiempos de fermentación mayores a 8 horas) con valores de  $W$  entre 240 y 340. En el grupo III (G3) se encuentran trigos que pueden ser usados en panificación directa (tiempos de fermentación menores a 8 hs y  $W$  entre 180 y 240).

En el marco del Programa Nacional de Calidad de Trigo, creado por Resolución N° 334/2003, entre sus objetivos principales figura el de **“identificar la s exigencias de calidad de la demanda externa e interna, a través del análisis de la posible provisión de trigos diferenciados para esos destinos.”** Este objetivo pone de manifiesto el reconocimiento desde entidades oficiales de clasificar la producción triguera nacional.

Dado que el  $W$  es un parámetro que está influenciado por varios factores, aún dentro de la misma variedad, como por ejemplo el medio ambiente (disponibilidad de agua y de nitrógeno), se debe recurrir, para complementar la información, a técnicas de fácil acceso y que requieran poca cantidad de muestra, tales como el test de fuerza de gluten (SDSS TEST) (Dick y Quick, 1983) o similares (Zeleny Test, Norma IRAM 15875), que a su vez puedan relacionarse con los parámetros reológicos y con la performance panadera (Kruger y Hatcher, 1995, Anderssen y col., 2004, Belton, 2005; Ram y col., 2005). Ensayos tales que involucren el desarrollo de masa, estabilidad y ablandamiento o análisis de textura de las mismas son también muy útiles para avanzar en la clasificación de las harinas de trigo y deben ser usados para establecer relaciones con la performance panadera (Lin y col., 2003; Anderssen y col., 2004; Ram y col., 2005; Sapirstein, 2006; Kamal y col., 2009).

## 6- Panificación

La fórmula básica y ancestral para obtener masa para elaborar pan es una mezcla de harina, agua (Wagner y col., 2007), sal y un agente leudante en proporciones relativamente variables.

Cada región ha desarrollado su pan clásico o típico con variantes en los ingredientes como se observa en la Tabla 4.

En Argentina, en la panificación artesanal generalmente se utilizan harinas que responden a una relación P/L cercana a 1, de fuerza alveográfica alrededor de 300 y tiempo de estabilidad mayor a 12-15 minutos, por lo que se podrían considerar harinas fuertes. El producto es un pan, no de molde, sino una hogaza larga, intermedia entre el pan alemán y la tradicional Baguette francesa (De Sá Souza, 2009). Las variaciones en los pasos básicos del proceso de panificación de distintos países se ilustran en la Figura 39.

### 6.1- Proceso de panificación

El proceso de panificación consta de cuatro etapas básicas, según Sluimer (2005), cada una con objetivos específicos: amasado, fermentación, moldeado y horneado.

**Tabla 4. Ingredientes de productos panificados típicos de varios países. SSL: estearoil lactilato de sodio; CSL: estearoil lactilato de calcio; DATEM: ésteres de ácido diacetil tartárico mono y diglicéridos; LC: lecitina. Los valores están dados en % (b.h). Tomado de Pomeranz (1985).**

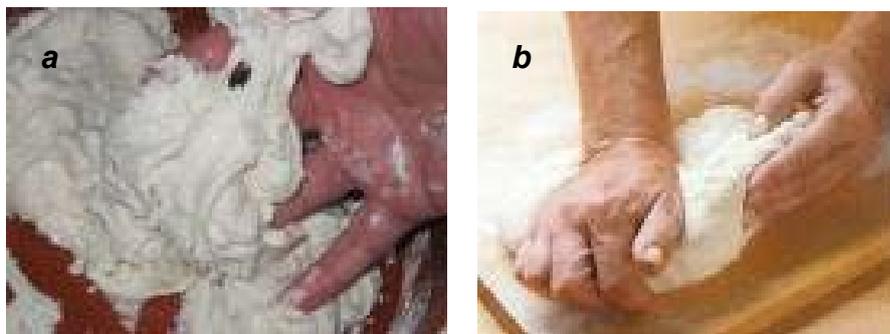
USA Método convencional directo Pan blanco		USA Amasado continuo Pan blanco		Reino Unido Panificación Chorleywood Pan blanco		Alemania Método directo Rollos		Francia Baguette	
<b>Ingredientes</b>									
harina	100	fuerte	100	débil	100	fuerte	100	débil	100
agua	59		67		64		55		62
levadura	3,5		2,5		1,8		5		2,5
sal	1,8		2,1		1,8		1,8		2,2
azucar	5,5		8,0		-		1,0		1,0
grasa	3,7		3,0		0,7		-		-
sólidos leche	3,7		1,0		-		-		-
ácido ascórbico	±		±		+		+		+
enzimas	+		+		+		+		+
emulsificantes	+	SSL CSL	+	SSL CSL	+	DATEM LC	+		-

	USA Método de amasado directo (convencional) Pan blanco	USA Método de amasado continuo Pan blanco	UK Método de Chorleywood Pan blanco	Alemania Método de amasado directo Rollos	Francia Baguette	
Tiempo de producción (hr)	4	Amasado	R e p o s o			
	3	Fermentación de masa				
	2	Leudado		Amasado		Amasado 3 pasos 10', 10', 5'
	1	Primer armado		Leudado		Descanso masa
		Moldeado	Desarrollo	Primer armado	Amasado	Leudado
		Armado final	Armado final	Moldeado	Leudado	Primer armado
				Primer armado	Moldeado	Moldeado
		Horneado	Horneado	Armado final	Armado final	Armado final
			Horneado	Horneado	Horneado	

**Figura 39. Etapas d el p proceso de e panificación e n varios p países. T omado d e Pomeranz (1985).**

### 6.1.1- Formación de masa pan

El objetivo de esta etapa es formar una masa homogénea que se logra con relativamente poco trabajo. La formación de masa, ya sea manual en la panificación casera y artesanal (Figura 40), o mecánica en las panificaciones semi-industriales o industriales, persigue el mezclado de los ingredientes, la obtención de una masa homogénea y el desarrollo del gluten. Este proceso involucra infinitas variantes derivadas del mezclado, de la interacción entre harina y agua con otros (sal, levadura, azúcar, materia grasa) y las condiciones del mezclado-amasado, así como también de las condiciones de reposo (Stauffer, 1990) y horneado de la masa (tiempo, temperatura) (Amend y Belitz, 1990; Bloksma, 1990 a; Dobraszczyk y Morgenstern, 2003; Lin y col., 2003; Sluimer, 2005; Wagner y col., 2007).



**Figura 40. a) mezclado de ingredientes; b) amasado manual.**

*Durante el amasado se logra el desarrollo del gluten que involucra no sólo la hidratación de las proteínas sino también su conformación como red viscoelástica. Además, no necesariamente se realiza en un solo paso. En la antigüedad se utilizaba el método de “esponja y masa” el cual consistía en mezclar restos de masa fermentada (“masa madre”) con algo de harina y agua, se dejaba fermentar y luego se incorporaba a la mezcla total (Wagner y col., 2007). En la actualidad ya son pocas las panaderías artesanales que utilizan ese método, la panificación industrial, para optimizar el tiempo de producción, utiliza mezclado directo de los ingredientes.*

*La incorporación de aire en la masa es una consecuencia secundaria del mezclado, pero resulta un proceso importante. La capacidad de retención de aire en esas burbujas, debido a la producción de CO<sub>2</sub> durante el proceso de fermentación determinará luego el volumen final del producto terminado (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003; Wagner y col., 2007) y el número y tamaño de alvéolos de la miga que contribuyen a la apariencia y textura del pan (Crowley y col., 2000 y 2002).*

### **6.1.2- Fermentación de masa pan**

*Antiguamente los tiempos de fermentación eran muy largos (Sapirstein, 2006), de muchas horas. En el presente, se busca un acortamiento en los procesos básicamente por disminución de costos, por lo que la fermentación es corta y está restringida a un solo paso, la masa se troza y moldea directamente*

*después del mezclado merced al desarrollo de mezcladoras potentes y el uso de aditivos.*

*El objetivo del proceso de fermentación además, es continuar con el proceso de desarrollo de la masa que comenzó en el mezclado (Rojas y col., 2000). El leudado de la masa, seguido por tratamientos mecánicos para particionar y/o moldear, dan como resultado mejor textura y sabor que aquellos productos con fermentaciones muy cortas o sin ella (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003).*

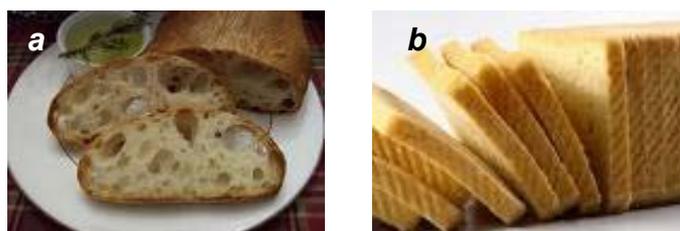
### **6.1.3- Moldeado y cocción de las piezas panarias**

*Al final de la fermentación se cortan y moldean las piezas y se estiban para lograr un incremento del volumen específico. Este incremento de volumen es el resultado de la producción de gas debido al metabolismo de las levaduras y a las propiedades de retención de gas de esa masa.*

*Hay cuatro procesos diferentes involucrados durante la cocción: formación de la miga, formación de la corteza, expansión durante la cocción (ovenspring) y transporte de calor dentro de la pieza panaria (Rojas y col., 2000; Wagner y col., 2007). La transformación de masa en miga es una consecuencia, no sólo de la gelatinización del almidón y de la coagulación de las proteínas del gluten, sino también del tipo de harina y proceso utilizado (Crowley y col., 2000, 2002). Al mismo tiempo la estructura física va cambiando de una espuma a una esponja. La formación de la corteza comienza con la deshidratación de la capa exterior de la pieza de masa (Wagner y col., 2007), seguida por la reacción de Maillard, involucrando proteínas y azúcares, cuya intensidad determinará el color de la corteza (Feillet y Autran, 2000). La expansión en el horno, tiene relación directa con la calidad del gluten y su habilidad de retener el CO<sub>2</sub> (Rojas y col., 2000). El incremento de volumen, que comenzó durante la fermentación se completa en la primera parte del horneado (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003). Por último, sólo una pequeña parte del transporte de calor en la masa se realiza por conducción. La mayor parte del calor requerido para la cocción se origina en la condensación del vapor dentro del producto (Wagner y col., 2007).*

## 6.2- Calidad Panadera

La forma tradicional de evaluación de la calidad panadera es y ha sido siempre a través del volumen de pan, sin embargo hay otros parámetros que intervienen en un pan de calidad tales como el volumen específico (volumen/masa) y la relación de forma (ancho/alto). Es ampliamente conocido que harinas de distinta calidad darán diferentes volúmenes de pan. La relación de forma de los panes se ha convertido en un descriptor importante. Ambos parámetros, el volumen específico y la relación de forma de los panes son reflejo de la capacidad de deformación de la masa y de la retención del CO<sub>2</sub> durante el proceso de horneado en el que coagulan las proteínas del gluten y gelatiniza el almidón conduciendo a la formación de alvéolos en la miga (Figura 41).



**Figura 41. a) Alvéolos de variado tamaño en pan artesanal; b) pan industrial (molde) con alveolado uniforme.**

La evaluación textural de los panes a través del perfil de textura de miga y corteza resultan también herramientas útiles para evaluar la performance panadera de los diferentes tipos de harinas (Crowley y col., 2000; Scanlon y col., 2000; Crowley y col., 2002).

## 6.3- Uso de Aditivos en Panificación

El conocimiento de los atributos físico-químicos, características reológicas y performance panadera de las harinas varietales y/o comerciales no alcanza para acceder exitosamente a las demandas actuales del mercado. La gran variedad de productos panificados ofrecidos actualmente en el mercado ha hecho que el uso de aditivos, ya sea para uniformizar y/o lograr productos específicos, se convierta en una práctica habitual.

Muchos tipos de aditivos están disponibles y en uso en la industria panadera: oxidantes, emulsificantes, hidrocoloides, enzimas, entre otros.

### 6.3.1- Emulsificantes

Dentro de los emulsificantes, el uso de monoglicéridos en productos panificados con y sin levadura, por su efecto en el fortalecimiento del gluten y el retardo del envejecimiento (Crowley y col., 2000), data desde los primeros años del siglo pasado cuando se desarrollaron los “shortening” superglicerizados (Knightly 1988, citado por Stauffer 1990). Hay derivados de monoglicéridos de dos tipos: 1- endurecedores-fortalecedores de masa, y 2- los  $\alpha$ -emulsificantes. Los del primer grupo se agregan a las masas panarias para fortalecer el gluten que, de esta manera, aumenta su resistencia al esfuerzo al que se somete a la masa durante el proceso de producción, dando masas con mayor volumen y estructura de miga más fina (Zhang, 1993 a, Kohler, 2001 a, b y c) . Entre estos se encuentra el DATEM (ésteres del monoglicérido con ácido diacetil tartárico) (Figura 42), que actúa como un surfactante aniónico que interactuaría con las proteínas del gluten promoviendo la agregación del gluten por neutralización de cargas positivas sobre la superficie de la proteína (Zhang, 1993 a; Crowley y otros, 2000; Aamodt y otros, 2005) y también por interacciones hidrofóbicas.

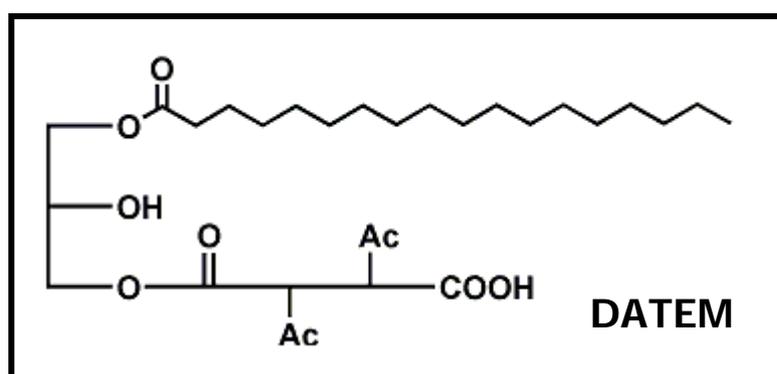


Figura 42. Esquema de Estructura química del éster de monoglicérido con ácido diacetil tartárico (DATEM).

*Por otra parte, según varios estudios (Aamodt y col., 2003, 2004 y 2005, Xiuji y col., 2007) el DATEM mejora la calidad de la masa panaria y las características de miga y corteza pero su efecto es pequeño comparado con el efecto en la composición proteica.*

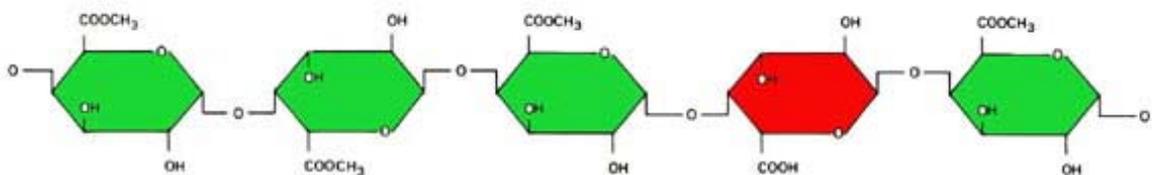
*Además de incluirlo en las masas panarias por su efecto sobre el gluten, también es usado por su interacción con el almidón, retardando el envejecimiento, asociándose con las regiones helicoidales del almidón, con la amilopectina, formando clatratos con las hélices en la porción lineal, lo que tendría un efecto de retardo en la cristalización del almidón (Xiuji y col., 2007).*

### **6.3.2- Hidrocoloides**

*Los hidrocoloides son agentes espesantes, por lo que afectan la viscosidad de la masa y la capacidad de ligar agua (Bárceñas y col., 2004; Linlaud y col., 2009). Además debido a las propiedades altamente hidrofílicas de estas moléculas, se previene la migración del agua en los productos terminados, incrementando la vida útil (Glicksman, 2000), por lo que se recomienda su uso en formulaciones para pan blanco en su dosis óptima (Collar, 1999; Rossell y col., 2006). También se han informado cambios en las propiedades reológicas de las masas (Linlaud y col., 2009), disminuyendo la extensibilidad, según el hidrocoloide utilizado; el volumen de pan se vio afectado como así también la textura de la miga (Cuyeu y col., 2004). Por otra parte, se han hallado incrementos del volumen específico de pan con algunos hidrocoloides debido a su papel estabilizante de la masa durante la fermentación (Rosell y col., 2001; Sanz Pennella y col., 2008).*

*Dentro de los hidrocoloides se encuentran las pectinas, que agrupan a una amplia gama de polisacáridos obtenidos de fuentes vegetales y que se usan como gelificantes y estabilizantes en la industria alimenticia. Químicamente las pectinas son un complejo de polisacáridos de alto peso molecular: ácido poligalacturónico parcialmente metilado con sus ésteres y sus sales (sodio, potasio, amonio) (Figura 43). Las principales aplicaciones han sido*

tradicionalmente los productos derivados de frutas pero su uso se está expandiendo hacia otras áreas de aplicación.



**Figura 43. Pectina de alto metoxilo (PAM).**

Además, la pectina de alto metoxilo (PAM) es considerada fibra soluble, forma geles firmes a bajas concentraciones y es ampliamente usada en jaleas y productos similares. Su aplicación en panificados podría resultar interesante tanto como factor nutricional como así también desde el punto de vista tecnológico.

#### **6.4- Calidad Sensorial**

La definición del Instituto de Tecnólogos de Alimentos de EEUU (IFT) dice: “La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”. A partir de ella se desprende que es una herramienta sumamente útil y compleja por los procesos que involucra: la interacción de todos los sentidos y la “lectura” que hace el consumidor del estímulo (Shepperd, 1989). Involucra una amplia gama de disciplinas: psicología, estadística, tecnología de los alimentos, sociología. La interpretación de sus resultados es el puente entre el consumidor, sus necesidades o preferencias y el diseño de alimentos y/o control de calidad o vida útil (Carter y Risky, 1990).

Para poder utilizar esta herramienta se debe haber definido claramente el/los objetivos que se persiguen, el método a utilizar y el diseño del experimento que permita analizar las hipótesis propuestas (Stone y Sidel, 1985). Existen distintos

*tipos de test desarrollados para poder abordar estos tópicos: pruebas de discriminación, pruebas de medición de umbrales, ensayos descriptivos, ensayos para control de calidad, test de aceptabilidad, entre otros. Estos últimos son ampliamente utilizados para percibir cambios en la formulación, ya sea por mantenimiento de un producto o mejoras, para captar la respuesta del consumidor ante nuevos productos y/o medición de mercados potenciales (Dewettinck y col., 2008). En caso de desear saber el porqué de aceptación o rechazo de algún producto en particular, se puede realizar una Evaluación de Aceptabilidad de Atributos, para lo que es necesario definir una escala hedónica (Meilgaard y col., 2007). Como estas pruebas apuntan a obtener información del consumidor promedio, generalmente no entrenado, deben contar con un número de evaluadores tal que esa muestra y sus resultados sean representativos y extrapolables a la población. No obstante, es posible trabajar con equipos de evaluadores entrenados (Xiujin y col., 2007). En el caso de los panificados se conjugan las 3 dimensiones de la estructura de un producto, molecular, microscópica y macroscópica y sus posibilidades de interacción. Componentes del tipo del almidón y las proteínas y sus interacciones juegan un rol muy importante en el nivel microscópico, junto con la forma y el tamaño (Crowley y col., 2000). A su vez, además de la apariencia, la textura en la boca (mouthfeel), derivada de propiedades texturales de la miga y la corteza (dureza, consistencia, cohesividad, gomosidad) y la percepción sensorial de las mismas, determinan la aceptabilidad de producto en cuestión (Wandel y Bugge, 1997; Chryssohoidis y Krystallis, 2005); poniendo en evidencia una amplísima gama de interrelaciones (Crowley y col., 2000). Este tipo de pruebas es altamente recomendado para panificados (Kilhberg y col., 2004, Xiujin y col., 2007), ya sea para comparar panificados de distintas marcas, para discriminar la aceptabilidad por atributos en panificados con distintos aditivos (Crowley y col., 2000), para analizar tendencias demográficas respecto de las preferencias sobre determinadas características de los panes (Annet y col., 2008).*

.

## CAPÍTULO II

### **OBJETIVOS**



## **1. HIPÓTESIS**

*Está establecido que el patrón de gluteninas de alto peso molecular de variedades de *Triticum aestivum* L., influye en forma directa en las propiedades físico-químicas y reológicas de la masa y de la calidad final del pan. La diferente composición proteica y calidad de gluten de harinas varietales conducen a comportamientos diferenciales de las mismas en el proceso de panificación. Asimismo, el efecto de mejoradores de distinta naturaleza química, tales como hidrocoloides y emulsificantes, podrá variar de acuerdo al patrón proteico de cada harina.*

*Las harinas comerciales se logran mediante distintas proporciones de harinas varietales en busca de mantener una calidad uniforme. Los aditivos podrán actuar en estas harinas en forma diferencial, de acuerdo a la proporción de harinas varietales que componen dichas mezclas, afectando la calidad de la masa y del pan.*

## **2. OBJETIVOS**

*Las características físico químicas y aptitud panadera de harinas varietales de amplia difusión en Argentina y el efecto de distintos aditivos sobre ellas y sus mezclas, no están acabadamente estudiados, dando lugar al planteamiento de diferentes objetivos de trabajo.*

### **2.1- Objetivo General**

*El Objetivo General de esta Tesis fue evaluar el comportamiento reológico y la performance panadera de harinas obtenidas de dos cultivares de trigo argentinos y sus mezclas, pertenecientes a distintos grupos de calidad (Buck Pronto-G1 y Klein Escudo-G2) y su respuesta a dos aditivos de distinta naturaleza química, el hidrocoloide pectina y el emulsificante conocido como DATEM.*

## **2.2- Objetivos específicos**

*Entre los Objetivos específicos se pueden mencionar:*

- *Caracterizar harinas de variedades puras y sus mezclas.*
- *Estudiar las propiedades reológicas de las masas.*
- *Analizar el proceso de panificación de estas harinas varietales.*
- *Determinar la calidad física, de textura y sensorial de los panes.*
- *Evaluar los efectos de los aditivos Pectina de Alto Metoxilo (PAM) y Esteres de Monoglicérido del Ácido Diacetil Tartárico (DATEM) tanto en las harinas puras y como en sus mezclas.*

***CAPITULO III***  
***MATERIALES Y METODOS***



### **1- Obtención y conservación de harinas**

Se utilizaron dos variedades de trigo, *Buck Pronto (BP)* y *Klein Escudo (KE)*. Los granos de estos cultivares fueron provistos por las Empresas productoras y fueron molidos en un molino *Bühler MLU-202 (Bühler AG, Switzerland, Cátedra de Cerealicultura, FCAyF, UNLP)*. Las harinas obtenidas fueron conservadas hasta su uso en cámara de  $-20^{\circ}\text{C}$ , en recipientes plásticos perfectamente sellados.

### **2- Aditivos utilizados**

Los aditivos utilizados fueron pectina de alto metoxilo (*PAM, Saporiti SA, Argentina*), éster de mono y diglicérido de ácido diacetil tartárico (*DATEM, Molinos Rio de la Plata, Argentina*) y la mezcla de ambos (*P+D*). Los aditivos fueron agregados a las harinas puras en una proporción (base 100 g de harina) de 1% y 1,5% respectivamente. Se ensayó además la mezcla *PAM+DATEM (1+1,5%)*.

### **3- Diseño experimental**

Para un primer análisis de harinas puras y mezclas se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (*DCA*) con el tipo de mezcla como único factor, con las siguientes proporciones de cada harina: 25:75, 50:50 y 75:25 (*BP:KE*). El número de repeticiones varió de acuerdo a las determinaciones necesarias o posibles para cada variable.

En un segundo nivel de análisis se compararon las harinas puras con el agregado de aditivos, utilizando un diseño factorial que consideró los factores variedad y aditivo, tanto para la parte reológica-panadera como para el Análisis Sensorial.

Finalmente, se realizó otro análisis con diseño factorial considerando como factores las mezclas de harinas y aditivos.

### **4- Análisis fisicoquímico de las harinas**

Se realizaron diferentes ensayos físicos y químicos tradicionales (*AACC, 2000*) que se describen a continuación.

#### **4.1- Proteína**

Se determinó el porcentaje de proteína por duplicado utilizando el método de Kjeldahl, utilizando un factor de conversión de %N a %P de 5,7 ( $N \times 5,7$ ) (AACC 46-10, 2000).

#### **4.2- Gluten húmedo**

Se determinó el porcentaje de gluten húmedo de la harina por duplicado mediante un equipo Glutomatic, a partir de 10 g de harina y 4,5 ml de agua destilada con un tiempo de lavado de 8 minutos y una temperatura del agua de aproximadamente 23° C (AACC 38-12, 2000).

#### **4.3- Humedad**

Se determinó por diferencia de peso antes y después de calentar en estufa a 135°C durante 1 hora, a partir de 2,5 g de harina (AACC 44-19, 2000). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

#### **4.4- Cenizas**

El contenido de cenizas (%) fue determinado por diferencia de pesada antes y después de calcinar en mufla durante 2 horas a 600°C, a partir de 3,5 g de harina. Las determinaciones se realizaron por duplicado. (AACC 08-03, 2000)

#### **4.5- Tamaño de partícula**

El tamaño de partícula de las harinas varietales se determinó por tamización en un Bühler MLU-300 (Bühler AG, Switzerland). Se pesaron 100 g de cada harina y se tamizaron a 160 rpm durante 5 min. Se utilizaron tamices circulares (diámetro: 25.5 cm y altura: 2.5 cm) de los siguientes tamaños: 200, 180, 123, 100, 54 y 35  $\mu\text{m}$ . Las determinaciones se realizaron por duplicado.

#### **4.6- Almidón dañado**

Se realizó un ensayo de dos etapas: 1-Hidrólisis enzimática con amilasa fúngica proveniente de *Aspergillus oryzae*; 2- Determinación de azúcares reductores con solución de ferricianuro alcalino (AACC, 76-30A). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

#### 4.7- Color

El color de las harinas fue medido usando el método L, a, b (CIELAB Space, Robertson, 1977), con 10 repeticiones para cada muestra. Se determinó la luminosidad L\*, el color H\* (hue) y la intensidad del color C\* (chroma).

#### 4.8- Propiedades de hidratación de las harinas

##### 4.8.1- Índice de retención de agua alcalina (IRAA)

La capacidad de retención de agua alcalina (%IRAA) es un parámetro que se lo relaciona con la calidad panadera de las harinas. Se considera que altos valores de este parámetro indican que las harinas son aptas para ser usadas en panificación (Ram y col., 2005). La prueba se desarrolló por triplicado de acuerdo a AACC 56-10 (2000).

En tubos de plástico con tapa de 50 ml, de centrifuga refrigerada (Avanti Centrifuge J-25, BECKMAN COULTER, USA) se pesaron 5 g de harina y se le adicionaron, 25 ml de solución de carbonato de sodio, 5% (p/p), se homogeneizaron mediante vórtex. Los tubos se incubaron durante 20 minutos agitando en vórtex por 5 segundos cada 5 minutos. Se centrifugaron, a 20°C, durante 15 minutos a 1000 g. Se descartó el sobrenadante y los tubos se colocaron boca abajo durante 10 minutos sobre toallas de papel. El gel resultante presente en los tubos se pesó junto con las tapas. El cálculo del % IRAA se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{IRAA} = \left[ \left( \frac{PG}{PH} \right) \times \left( \frac{86}{100 - \%H} \right) - 1 \right] \times 100 \quad (1)$$

Donde: PG = peso del gel

PH = peso de la harina

% H = porcentaje de humedad de la harina

##### 4.8.2- Capacidad de retención de solventes (SRC)

Las pruebas se realizaron con 2 solventes por triplicado de acuerdo al Método 56-11, (AACC, 2000). La metodología es similar a la descrita en 4.8.1, agregando agua y solución de sacarosa 50% p/p, con una ecuación análoga. Existe relación directa entre la retención de agua y la calidad de la totalidad de los componentes de las harinas (Guttieri y col., 2004). Asimismo la retención de solución de sacarosa tiene vinculación con componentes del tipo de los pentosanos y la calidad de las gliadinas.

#### **4.8.3- Capacidad de absorción de agua (WIC)**

Las pruebas se realizaron con un equipo de Baumann modificado (Baumann 1967, Remondetto y col., 2001; Jovanovich y col., 2003). Una delgada capa de harina pura o mezcla (aproximadamente 50 mg) se dispersó sobre un papel de filtro previamente embebido en agua destilada y colocado sobre una placa sintética conectada a una pipeta graduada. Se mide la disminución del volumen de agua en la pipeta en función del tiempo a temperatura ambiente. El máximo volumen absorbido (valor de equilibrio) es el WIC, expresado en ml de agua/g de muestra. Los ensayos se realizaron por triplicado.

#### **4.8.4- Test de sedimentación en SDS (SDSS-Test)**

Se desarrolló el ensayo de acuerdo a Dick y Quick (1983), por triplicado. La capacidad de las proteínas de absorber agua en soluciones ligeramente aciduladas (ácido láctico) más la capacidad del sistema de mantener una estructura estable (Dexter y col., 1980) durante un tiempo frente al efecto del SDS (dodecil sulfato de sodio), que crea una carga negativa en las proteínas, permite evaluar indirectamente la fuerza del gluten. Este micrométodo desarrollado para *Triticum durum* deriva de un Macrométodo (Axford, 1978) y correlaciona positivamente con parámetros de calidad de pasta como así también con otros métodos indirectos de evaluación de harinas de *Triticum aestivum* y algunos parámetros de calidad de panes. En tubos de ensayo se pesó 1 gr de harina, se adicionaron 4 ml de agua, se homogeneizó la mezcla mediante vórtex. Luego se adicionaron 12 ml de solución

de uso (SDS:Ac. Láctico 1:48), se agitó por inversión a intervalos estandarizados de tiempo. Se dejó reposar y se midió la altura del sedimento desarrollado.

#### **4.9- Análisis de proteínas**

##### **4.9.1- Extracción de proteínas**

La extracción de proteínas de las harinas fue realizada secuencialmente de acuerdo a Singh y col. (1991) modificado según Nieto-Taladriz y col. (1997). Se utilizaron dos soluciones para la extracción de proteínas: solución A: 50% (v/v) 1-propanol; solución B: 1-propanol (20 ml), Tris 1M pH 8,0 (3,2 ml) y agua bidestilada (hasta completar 40 ml). Para solubilizar las proteínas se utilizó una solución compuesta por: SDS (1 g), glicerol (20 g), azul de bromofenol (10 mg), 1M Tris pH 8,0 (4 ml) y agua bidestilada (hasta completar 50 ml).

##### **4.9.1.1- Gliadinas**

Las gliadinas fueron extraídas a partir de 20 mg de harina, con 1 ml de solución A, calentadas a 65 °C durante 30 minutos, con 3 agitaciones a intervalos de 10 minutos. Las muestras fueron centrifugadas durante 2 minutos a 10000 rpm, a temperatura ambiente, en micro centrífuga y el sobrenadante fue colectado y secado a 60°C durante la noche. Las gliadinas secas fueron re-suspendidas en 0,1 ml de etanol 70 (v/v), incubadas durante 15 minutos a 65 °C y luego 0,05 ml del extracto fueron colocados en Eppendorf conteniendo igual cantidad de solución C más una gota de glicerol. Los tubos fueron incubados durante 15 minutos a 65 °C y éstas fueron las soluciones utilizadas para analizar por SDS-PAGE. El precipitado obtenido, luego de haber extraído las gliadinas, se lavó dos veces con solución A, descartando los sobrenadantes.

#### **4.9.1.2- Gluteninas**

La extracción de gluteninas se realizó agregando al residuo remanente, luego de haber extraído las gliadinas, 0,1 ml de solución B con DTT (1% p/v), preparada en el momento. Las muestras se incubaron 30 minutos a 65 °C y fueron centrifugadas en microcentrífuga durante 5 minutos a 13000 rpm. Luego se agregó 0,1 ml de solución B con 4-vinil-piridina (1,4% v/v), también preparada en el momento. Luego de una incubación a 65 °C durante 15 minutos, las muestras fueron centrifugadas por 2 minutos a 13000 rpm, siempre a temperatura ambiente. En un Eppendorf conteniendo 0,1 ml de solución C se incorporaron 0,1 ml del sobrenadante. Esta mezcla se incubó durante otros 15 minutos a 65 °C. Estas soluciones fueron utilizadas para caracterizar gluteninas por SDS-PAGE.

Todas las incubaciones a 65 °C fueron realizadas en baño termostático TECHNE-TU-20D (USA) y todas las pesadas se realizaron en Balanza Precisa 205 A (Suiza).

#### **4.9.2- Separación de proteínas**

Para la separación de gluteninas y gliadinas se usaron geles de 1 mm de espesor y 10% y 12% de acrilamida (Acril. 35%: Bis-Acril. 2%) respectivamente. El volumen de siembra fue de 10 µl y el tiempo de corrida fue de aproximadamente 1 hora. El equipo utilizado fue un Mini-PROTEAN 3, Bio-Rad Laboratories, USA. Se utilizó un buffer de corrida formado por glicina 0,192 M, 0,025M Tris base y SDS (0,1%), pH 8,3. Los geles fueron coloreados durante 24 h, en agitación, con una solución de ácido acético (16%), metanol (40%), colorante Coomassie Blue (CB) (2%) y agua. Para decolorar se utilizó la misma solución que la utilizada para el colorante, pero sin CB. Finalmente los geles se guardaron sumergidos en agua destilada.

#### **4.9.3- Caracterización e identificación de subunidades**

Para caracterizar por peso molecular a las subunidades se utilizó un kit de proteínas patrón (Amersham, GE, U.S.A) conteniendo las siguientes proteínas: fosforilasa b (97 kD), albúmina (66 kD), ovalbúmina (45 kD), anhidrasa carbónica

(30 kD), (inhibidor de tripsina (20,1 kD) y  $\alpha$ -lactoalbúmina (14,4 kD). El peso molecular de las subunidades de proteínas se determinó según Puppo y col. (2005) usando un equipo Bio Gel Doc 1000 (USA) con un Software Bio-Rad Molecular Analyst (Version 1.5 - 1992-1996).

Las subunidades de gliadinas y gluteninas fueron identificadas mediante el uso, en los geles, de patrones de cultivares aceptados internacionalmente. Se utilizó el cultivar Chinese Spring para los alelos 7+8 de Glu-B1 y el Bezostaya 1 para los alelos 2\* Glu-A1, 7+9 Glu-B1 y 5+10 Glu-D1 (Cátedra de Genética y Fitotecnia, FAA, UNCPBA).

## **5- Caracterización reológica y estructural de las masas**

### **5.1- Ensayos reológicos tradicionales**

#### **5.1.1- Farinograma**

Se utilizó un Farinógrafo Brabender-50-g (Brabender OHG, Duisburg, Alemania) y se obtuvieron los siguientes parámetros: absorción de agua (%), tiempo de desarrollo, estabilidad y aflojamiento, según Norma IRAM 15855 (IRAM, 2000). La absorción de agua, determinada en un pre-ensayo, es la cantidad de agua que se adiciona hasta alcanzar las 500 UB, y se expresa en % (ml agua/100 gramos de harina). El tiempo de desarrollo indica el tiempo en minutos en que el sistema alcanza por segunda vez las 500 UB. La estabilidad, expresada en minutos, es el tiempo en que la masa se mantiene en las 500 UB y se relaciona con la resistencia al amasado. Por último el aflojamiento se mide en UB, desde que la gráfica abandona las 500 UB hasta los 12 min posteriores y se relaciona con la resistencia al sobre amasado.

Dado que se contaba con materia prima escasa se realizó un farinograma por tratamiento, tomándose las tolerancias del método que figuran en la Tabla 1.

**Tabla 1: Valores de Tolerancia para el Farinograma según Norma IRAM 15855.**

	<b>Tolerancia</b>	
<b>Absorción de agua</b>	<b>1%</b>	
<b>T. de Desarrollo</b>	<b>&lt; 6 min = 1 min</b>	<b>&gt; 6 min = 25%</b>
<b>Estabilidad</b>	<b>&lt; 10 min = 2 min</b>	<b>&gt;10 min = 20%</b>
<b>Aflojamiento</b>	<b>&lt; 100UB = 20 UB</b>	<b>&gt; 100 UB = 20%</b>

### **5.1.2- Alveograma**

Los alveogramas se realizaron por duplicado en Alveógrafo Chopin (Chopin Technologies, Villeneuve-La-Garenne, Francia) y se obtuvieron los parámetros de tenacidad (*P*), extensibilidad (*E*), *P/L*, y fuerza panadera (*W*) de acuerdo a la norma IRAM (Norma IRAM 15857, 1995). La tenacidad *P* expresa la resistencia a la deformación ante el insuflado de aire a presión y está relacionada con la calidad de las gluteninas. La extensibilidad *L*, lograda mediante la expansión de la burbuja de masa por insuflado de aire, mide la capacidad de deformación de ésta y refleja, en cierta medida, la calidad de las gliadinas. La relación entre ambas da idea del tipo de harina y su posible aplicación, y por último la fuerza panadera *W* correlaciona en general positivamente con el volumen de pan, teniendo en cuenta que es un área que, a igual valor, se puede lograr con infinitas combinaciones de *P* y *L*.

## **5.2- Ensayos reológicos no tradicionales**

### **5.2.1- Formulación de las masas**

En este caso se utilizó una formulación sin levadura, para evitar cambios durante los ensayos. Se pesaron 300 g de cada harina y/o mezcla harina-aditivo y se incorporó NaCl 2% (base harina, 6 g) disuelto en la cantidad de agua determinada por farinógrafo. Se mezcló, durante 7 minutos, (1 min. a 160 rpm y 6 min. a 215

rpm) en una amasadora ARNO BPA (Brasil). La temperatura del agua se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$T_{\text{agua}} = 46 \text{ }^{\circ}\text{C} - (T_{\text{ambiente}} + T_{\text{harina}}) \quad (2)$$

La temperatura final de la masa fue de 23-25 °C, medida con termómetro de punción. La masa se dejó reposar durante 30 minutos a 30 °C cubierta con film para evitar desecación. Luego se laminó en laminadora manual 12 veces, girando la masa 90° cada vez, para mejorar el desarrollo del gluten. Finalmente se laminó a 1 cm de espesor y se llevó a reposo durante 10 min a 30 °C.

#### **5.2.2- Análisis de Perfil de Textura (TPA) de masas**

A partir del laminado de 1 cm de espesor se cortaron con sacabocado (d: 2 cm) 35-40 piezas. Las mismas permanecieron refrigeradas y cubiertas con film hasta su ensayo en el texturómetro (Figura 1).



**Figura 1. Muestras de masa al inicio del TPA.**

Los discos de masa fueron sometidos a dos ciclos de compresión hasta un 70% de la altura original con una sonda cilíndrica (d: 7.5 cm), con un equipo TA.XT2i Texture Analyzer (STABLE MICRO SYSTEMS, Surrey, U.K.) con celda de 5 Kg, con un software Texture Expert para Windows versión 1.2 (Figura 2 y 3).

Las curvas fuerza-tiempo de este test empírico se obtuvieron a una velocidad de 0.5 mm/seg. La dureza, adhesividad, elasticidad, consistencia y cohesividad fueron obtenidas mediante 30 repeticiones por masa. La Dureza ( $D$ ) se define como la máxima fuerza registrada durante la primera compresión ( $F_{max}$ ), la Adhesividad ( $Adh$ ) es el área negativa que se obtiene al finalizar el primer ciclo de compresión ( $A2$ ). La Cohesividad ( $Coh$ ) se define como el cociente entre el área positiva que se obtiene en el segundo ciclo ( $A3$ ) y la del primer ciclo ( $A1$ ). La Elasticidad ( $Elst$ ) se calculó como la distancia entre el inicio y la fuerza máxima en el segundo ciclo de compresión (Steffe, 1996) (Figura 4). Finalmente se calcularon la Consistencia como la suma de las dos áreas positivas y la Gomosidad como el producto entre Dureza y Elasticidad ( $Dur*Elst$ ).



Figura 2. Equipo TA.XT2i Texture Analyzer (STABLE MICRO SYSTEMS, Surrey, U.K.)

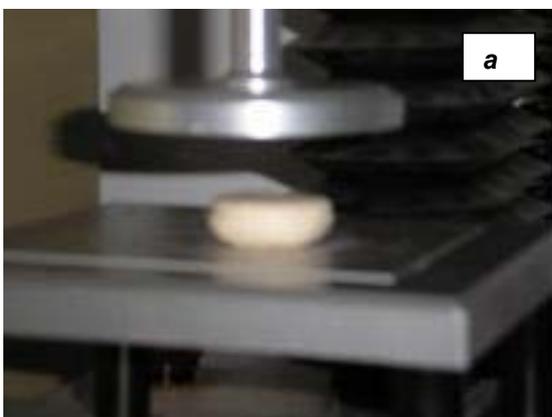


Figura 3. a) disco de masa antes de la compresión; b) durante la compresión

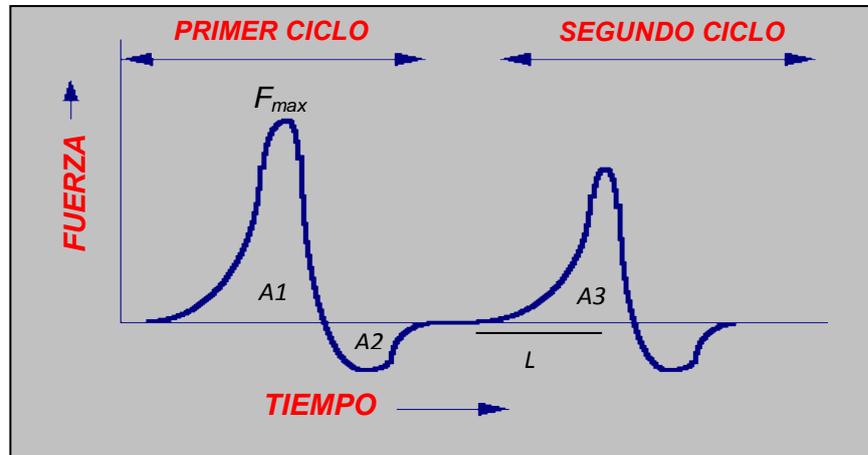


Figura 4. Esquema básico de un TPA con dos ciclos de compresión.

### 5.2.3- Ensayos reológicos dinámicos de masas

A partir de las mismas masas preparadas para el TPA, una porción de masa se laminó a 0,5 cm de espesor y se cortaron piezas con sacabocado ( $d$ : 2 cm). Las mismas fueron mantenidas en refrigerador (4 °C) y cubiertas con film para evitar desecación, hasta el momento de ser sometidas a las medidas reológicas dinámicas. Se utilizó un reómetro oscilatorio Haake RS600 (Haake, Alemania) a  $30 \pm 0.1$  °C, usando un sensor de platos paralelos aserrados (PP30) con 1,5 mm de ranura (gap) entre ambos componentes del sistema.

Se realizaron dos tipos de pruebas reológicas: **a)** ensayos de deformación a frecuencia constante para determinar la máxima deformación ( $\gamma_{max}$ ) que una muestra puede sufrir en el rango de viscoelasticidad lineal, y **b)** barrido de frecuencia (entre 0,005 a 100 Hz) a temperatura y deformación constante dentro del rango viscoelástico lineal. Se obtuvieron los siguientes parámetros dinámicos:  $G'$  módulo de almacenamiento, relacionado con la respuesta del material como sólido;  $G''$  módulo viscoso, relacionado con la respuesta fluida del material y la tangente  $\delta$  ( $G''/G'$ ), ésta última relacionada con la respuesta viscoelástica: bajos valores indican que la muestra es más elástica. Ambos tipos de test se realizaron por triplicado.

### **5.3- Microestructura de masas**

*La estructura de las masas se analizó mediante microscopía electrónica de barrido-SEM. Se cortaron cilindros con sacabocado (2 mm diámetro; 2 cm altura) de las masas preparadas para los ensayos reológicos dinámicos. Los cilindros se sumergieron en una solución de glutaraldehído al 2,5% y luego se lavaron con buffer fosfato 0,5 M antes del proceso de deshidratación. Las muestras se deshidrataron en una serie de soluciones de acetona (25, 50, 75 y 100%, en ésta última por 3 veces). La deshidratación de las muestras se realizó por el método del punto crítico utilizando CO<sub>2</sub> líquido. Las muestras fueron posteriormente cubiertas con una película de oro (Pelco, Redding, USA). Las imágenes se observaron a 5 kV en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM 35 CF (Tokyo, Japón). Todo el tratamiento de las muestras fue realizado en el CRIBBAB, Bahía Blanca.*

## **6- Proceso de panificación**

### **6.1- Curvas de fermentación**

#### **6.1.1- Ensayos previos. Elección del tipo de levadura**

*Se realizaron curvas de fermentación (volumen de masa en función del tiempo) con una harina comercial a los efectos de comparar la velocidad de fermentación de levadura fresca y levadura seca (en cantidad suficiente, de acuerdo a las indicaciones del fabricante, para igualar a la levadura fresca). El proceso de obtención de la masa fue el mismo que el utilizado para panificación, el cual se describe posteriormente. Las curvas de fermentación se realizaron a partir de piezas de 50 gr (3 repeticiones para cada tipo) ubicadas en probetas graduadas, que se incubaron a 30 °C. Se midió el aumento de volumen cada 10 minutos. Se obtuvieron las curvas de fermentación para los dos tipos de levadura. Se tomó el tiempo en el cual se obtuvieron los dos tercios del volumen total. Teniendo en cuenta el resultado de esta prueba, se decidió ensayar las harinas varietales con levadura fresca.*

### **6.1.2- Ensayos con harinas varietales**

A los efectos de conocer el patrón de fermentación de las harinas varietales utilizadas, se realizaron las curvas de fermentación de BP y KE, con levadura fresca y por triplicado. Se prepararon piezas de 50 g de masa de acuerdo a la secuencia descrita, se colocaron en probetas graduadas y se midió el aumento de volumen de la masa cada 10 minutos. Se tomó como tiempo de fermentación, el tiempo en el cual se obtuvieron los dos tercios del volumen total.

### **6.2- Elaboración de masa pan**

A 300 g de harina y/o mezcla, se le incorporó solución de NaCl (6g, 2% bh) y una dispersión de levadura fresca (3% base harina, 9 g). Cada ingrediente se disolvió previamente en un volumen igual a la mitad del volumen de agua farinográfica. Los ingredientes se mezclaron durante 7 minutos (1 min a 160 rpm y 6 min a 215 rpm) en mezcladora familiar (ARNO BPA, 5 velocidades, Brasil). La temperatura del agua se calculó mediante la fórmula (2).

La temperatura final de la masa fue de 23-25 °C, medida con termómetro de punción. La masa se llevó a reposo durante 30 minutos a 30 °C cubierta con film para evitar desecación. Luego la masa se laminó en laminadora manual 12 veces, girando la masa 90° cada vez, para mejorar el desarrollo del gluten. Finalmente se laminó a 1 cm de espesor y se llevó a reposo durante 10 min a 30 °C.

### **6.3- Formación, leudado y cocción de las piezas**

Para evitar manipulación manual, las piezas de masa se cortaron con sacabocado (diámetro: 4,8 cm, altura: 1cm). Se colocaron en asaderas previamente rociadas con un desmoldante, bien espaciadas entre sí para evitar contacto entre las piezas durante el horneado. Se asperjaron con agua y se llevaron a reposo para leudar durante 45 min a 30 °C. Antes del ingreso al horno fueron rociados con agua nuevamente y se cocinaron a 200 °C, durante 13 minutos (Linlaud, 2005) en un horno ARISTON Type FIB-EM-IN-03, mod. FMB87 FC (Italia). En una prueba de horneado preliminar se observó que, colocando dos asaderas por horneado, la

cocción no era pareja, por lo tanto la cocción se realizó en 3 batch de 1 placa por vez.

#### 6.4- Evaluación de la calidad de las piezas panarias

La calidad de los panes obtenidos se evaluó mediante la determinación de diversos parámetros ( $n= 30$ ).

##### 6.4.1- Volumen, peso y forma de las piezas panarias

- **Volumen de pan ( $\text{cm}^3$ ).** Se midió en un equipo que mide volumen de pan por desplazamiento de semillas de colza (Figura 5).



Figura 5. a) Medidor de volumen de pan por desplazamiento de semillas de colza, b) Midiendo volumen de pan.

- **Relación d e f o r m a.** Se midió altura máxima y diámetro de los panes con calibre y se calculó la relación de forma Ancho/Alto.
- **Peso d e l o s p a n e s.** Se pesó cada una de las piezas panarias en balanza OHAUS Mod. Adventure Pro AV 4101 (USA)
- **Volumen e s p e c í f i c o.** Se calculó para cada pieza panaria, según el siguiente cociente: Volumen de pan ( $\text{cm}^3$ )/ Peso de la pieza (g)

- **Expansión en ancho y alto.** Se calculó tomando como dato inicial de referencia (100%) el ancho y alto de la masa cruda (4,8 cm diámetro x 1 cm de alto), antes de ingresar al período de leudado.
- **Humedad de la miga.** Se obtuvo por diferencia de pesada luego de calentar a 105 °C en estufa hasta peso constante, determinándose 5 repeticiones por tipo de pan.

#### 6.4.2- Análisis textural de las piezas panarias

- **Textura de la corteza.** Se realizó un Test de Punción con texturómetro TA.XT2i – Stable Micro Systems (Halsemere, Surrey, UK) con celda de 5 kg. Las muestras fueron penetradas hasta 8 mm de la superficie de la corteza con una sonda tipo aguja SMSP/3 a velocidad constante de 0,5 mm./seg. Se registraron la fuerza de penetración (N) y el tiempo (seg) para alcanzar el pico máximo de fuerza, a partir de las curvas fuerza vs. tiempo. Debido a que el horneado de las piezas panarias no resultó en una corteza uniforme y a efectos de disminuir la dispersión se realizaron entre 2 y 3 punciones por pan ( $n = 65$ ), en distintos sectores de la corteza (Figura 6).



**Figura 6. Ensayo de punción en corteza**

- **Textura de la miga.** Luego de remover la corteza superior, se tomó 1 muestra de miga del centro de cada pieza panaria ( $n=30$ ), con un sacabocado ( $d=2$  cm) y se realizó el ensayo de perfil de textura-TPA (Texture Profile Analysis) a partir del cual se determinaron dureza, adhesividad, cohesividad, consistencia y elasticidad de la miga. Los ensayos se realizaron por medidas de compresión (40%) en un texturómetro TA.XT2i – Stable Micro Systems (Haslemere, Surrey, UK) con celda de 5 kg.

#### 6.4.3- Análisis de color de miga y corteza de los panes

Para las medidas de color se utilizó un colorímetro de superficie Minolta CR 300 Series (Japón) calibrado con patrones estándar ( $Y = 93.2$ ,  $x = 0.3133$ ,  $y = 0.3192$ ) y se determinaron los parámetros de la escala Hunter: L (luminosidad),  $a^*$  (parámetro de cromaticidad rojo-verde) y  $b^*$  (parámetro de cromaticidad amarillo-azul). Los atributos de color (hue,  $H^*$ ) e intensidad del color (chroma,  $C^*$ ) se calcularon de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$H^* = \tan^{-1} (b/a) \quad \text{si } a > 0 \quad (3)$$

$$H^* = 180 + \tan^{-1} (b/a) \quad \text{si } a < 0 \text{ y } b \geq 0 \quad (4)$$

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (5)$$

El color de la miga se midió sobre 30 discos obtenidos cada uno de una pieza de pan. A los efectos de lograr un dato representativo de color de corteza, dicho parámetro fue medido en 30 piezas de pan y en cada una se realizaron 3 lecturas en distintos sectores de la corteza.

- **Alveolado de la miga.** Para la evaluación cualitativa de la estructura de la miga de los panes, se tomaron fotografías de las piezas de pan cortadas longitudinal y transversalmente, con una cámara fotográfica digital.

#### **6.4.4- Evaluación sensorial de los panes**

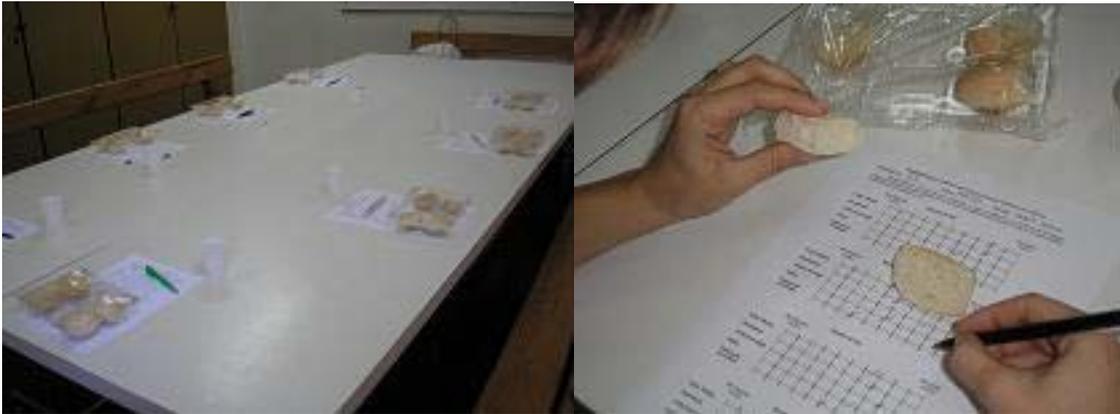
*Se realizaron 2 Test, uno para BP y otro para KE. Se diseñó un Test de Aceptabilidad Global por atributos y se evaluó Aceptabilidad Global, Apariencia, Sabor, Textura de miga, Textura de corteza sobre panes frescos. Los Test de Aceptabilidad Global se realizaron con 40 evaluadores no entrenados, utilizando escalas hedónicas de 10 puntos.*

*Las muestras analizadas fueron los panes obtenidos con las harinas puras y con los distintos aditivos: BP, BP + PAM, BP + DATEM y BP + (P+D); KE, KE + PAM, KE + DATEM y KE + (P+D). El área de prueba fue el comedor del CIDCA con luz blanca artificial, entre las 10 y 12 AM.*

*Los panes fueron horneados en días previos y aún tibios fueron colocados en bandejas plásticas y cubiertos con varias capas de film. Se congelaron a -20° C, hasta horas antes del armado y realización del Test (Hough, 2007).*

##### **6.4.4.1- Diseño del ensayo**

*Los panes se colocaron en bandejas plásticas sectorizadas y rotuladas que se cubrieron con film para evitar desecación de las piezas. A cada evaluador se le presentaron las 4 muestras que fueron codificadas empleando números de 3 cifras elegidos aleatoriamente de la Tabla de Números Aleatorios del 1 al 9, agrupados de a 3. Se proveyó a cada evaluador de un vaso con agua potable y una planilla diseñada en la cual se detalló la consigna del test y el código de las muestras (Figuras 7a y 7b) (ver ANEXO IV).*



**Figura 7a. Ambiente de la prueba: bandejas, planillas y vasos con agua.**

**Figura 7 b. Test en desarrollo.**

#### **6.4.4.2- Hipótesis**

*Se plantearon las siguientes hipótesis:*

$H_0$  = los aditivos no producen cambios significativos en los panes, por lo tanto son iguales y no existen diferencias debido a los aditivos.

$H_1$  = los aditivos producen cambios significativos en los panes, por lo tanto son diferentes y existen diferencias debidas a los aditivos.

*Teniendo en cuenta que se busca detectar el efecto de los aditivos respecto de la harina pura, se quiere evitar cometer **Error Tipo II** (decir que los panes son iguales cuando en realidad, son diferentes).*

*Teniendo en cuenta que era posible que los panes evaluados produjeran resultados con dos alternativas,*

- *Igual, o diferente y mejor: entonces el efecto de los aditivos es positivo.*
- *Diferente y peor: entonces ese aditivo y/o mezcla de aditivos no es indicado para esa harina varietal*

*Se trabajó con una  $H_1$  de dos colas y un Nivel de significación elegido:  $\alpha = 5\%$ .*

## **7- Análisis Estadístico**

*Los resultados de todos los ensayos se analizaron mediante análisis de varianza, considerando en cada caso los factores correspondientes al diseño aplicado. El número de repeticiones, tal y como se explicita en cada apartado, dependió de las posibilidades de realización de las determinaciones analíticas y de la disponibilidad de materia prima.*

*Para la comparación de medias se utilizó el Test de Mínimas Diferencias Significativas de Fisher (mds), considerando un  $\alpha = 0,05$ , usando el programa INFOSTAT (InfoStat, versión 2004, Grupo Info Stat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina).*

***CAPÍTULO IV***  
***RESULTADOS Y DISCUSION***

***CARACTERIZACION DE HARINAS***  
***VARIETALES Y SUS MEZCLAS***



## 1- Propiedades fisicoquímicas de las harinas varietales

El contenido de humedad de las harinas varietales fue de 14,3% y 14,4% para BP y KE, respectivamente. El contenido de proteína y gluten húmedo fue mayor para BP que para KE, mientras que el de cenizas fue relativamente mayor para KE (Tabla 1).

**Tabla 1 . Contenido de proteína, P (%), gluten húmedo, GH (%) y cenizas en harinas varietales. SD: desvío estándar.**

	<b>P (%)</b>	<b>GH (%)</b>	<b>CENIZAS (%)</b>
<b>Buck Pronto, BP</b>	10,11 (SD = 0.04)	25,1% (SD = 0.1)	0,70 (SD = 0,01)
<b>Klein Escudo, KE</b>	9,62 (SD = 0.01)	22,3% (SD = 0.6)	0,75 (SD = 0,03)

Las harinas varietales presentaron parámetros de color diferentes (Tabla 2). Al haber sido molidas en el mismo molino experimental, se asume que el tratamiento recibido por los granos fue el mismo, por lo que las diferencias significativas encontradas entre ambas harinas, especialmente en el atributo de color H\*, están relacionadas con las características propias de cada variedad.

**Tabla 2 . Caracterización de color de las harinas varietales: L : Luminosidad; a\*: equilibrio entre verde y rojo; b\*: equilibrio entre amarillo y azul; H\* (hue) color y C\* (chroma) intensidad de color; mds: mínima diferencia significativa,  $\alpha = 0,05$ .**

	<b>L</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>H*</b>	<b>C*</b>
<b>Buck Pronto</b>	79,36	2,04	-0,36	170,0	2,08
<b>Klein Escudo</b>	79,37	0,85	2,93	73,0	3,06
<b>mds</b>	n.s.	0,124	0,414	5,853	0,308

### 1.1- Tamaño de partícula

Las harinas presentaron diferencias en el porcentaje de retención de partícula en los distintos tamices. Buck Pronto presentó valores de 0,4, 6,7 y 13,4 (%) en los tamices de 180, 123 y 100  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Por su parte KE tuvo mayores porcentajes de retención en esos mismos tamaños de malla: 1,0; 10,8 y 18,6,

respectivamente. Sin embargo, la diferencia entre BP y KE se aprecia en el porcentaje retenido en los tamices más finos. Los porcentajes retenidos en el conjunto de tamices de 36, 54 y 100  $\mu\text{m}$  fueron de: 91,2% y 86,1%, respectivamente para BP y KE. Los resultados teniendo en cuenta los tamices gruesos y finos, indican que el tamaño de partícula promedio de KE es ligeramente mayor. El mayor tamaño de partícula no se debería al contenido proteico de KE, una de las causas probables, sino a la interacción genotipo x ambiente sobre otros componentes del grano que afectan el patrón de ruptura del mismo (Turnbull y Rahman, 2002).

### **1.2- Almidón dañado**

Las harinas varietales presentaron diferencias significativas en el porcentaje de almidón dañado: 6,8 y 8,5 % para BP y KE, respectivamente (mds: 0,51,  $\alpha = 0,05$ ). Teniendo en cuenta que ambas harinas fueron obtenidas con el mismo molino, que granos más duros producen más almidón dañado durante el proceso de molienda y que la calidad panadera (Barrera y col., 2007) disminuye a medida que aumenta el % de almidón dañado; a partir de este resultado se podría inferir que KE tendrá peor calidad panadera, sin tener en cuenta el % de proteína ni la calidad de la misma.

### **1.3- Propiedades de hidratación**

Los resultados que se presentan en la Tabla 3, indican que KE fue capaz de retener más agua que BP (mayor SRC); este resultado es consistente con un mayor % de almidón dañado y posiblemente una diferente calidad de gliadinas. Este comportamiento, sumado a un menor IRAA, permite caracterizar a KE como una harina de peor calidad panadera que BP.

Por otro lado, la WIC no presentó diferencias significativas entre las harinas, indicando igual capacidad de hidratación en ausencia de trabajo mecánico.

**Tabla 3. Índice de retención de agua alcalina (IRAA, %), capacidad de retención de solución de sacarosa (SRC, %) y capacidad de absorción de agua (WIC), mds: mínima diferencia significativa,  $\alpha = 0,05$ .**

	<b>IRAA (%)</b>	<b>SRC (%)</b>	<b>WIC (ml/mg)</b>
<b>BP</b>	67,5	81,2	1,18
<b>KE</b>	56,9	95,8	1,17
<b>mds</b>	6,60	3,93	ns

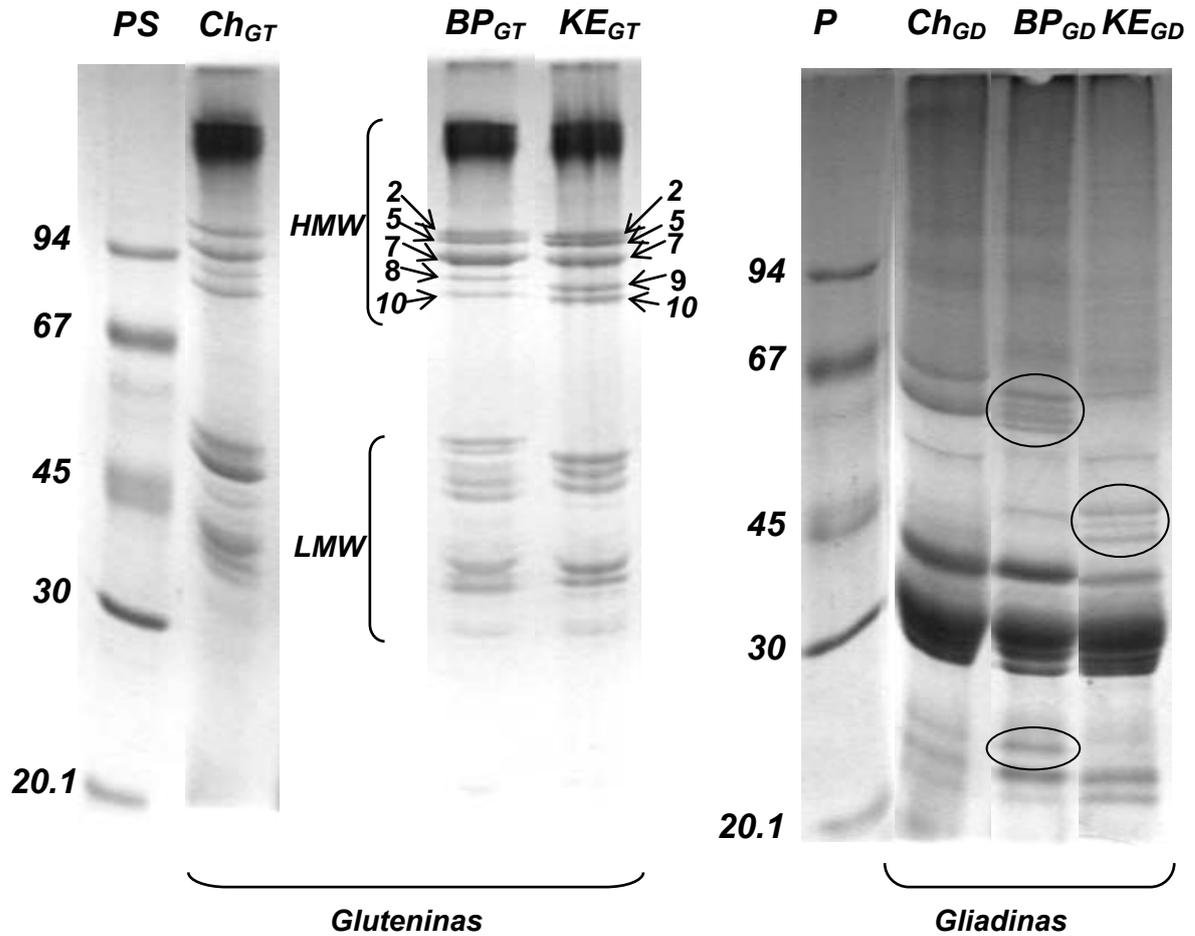
## **2- Caracterización del perfil proteico de las harinas**

### **2.1- Identificación de proteínas**

Ya hemos mencionado que las proteínas responsables de la formación del gluten, las que poseen las propiedades adecuadas para panificación, son las gliadinas y gluteninas (Payne y col., 1987, Pomeranz, 1988, Shewry y col., 2001).

Los cultivares utilizados en este trabajo, pertenecientes a diferentes grupos de calidad (Cuniberti y col., 2003) mostraron diferencias en sus patrones electroforéticos para estos dos tipos de proteínas (Figura 1). Los cultivares difirieron en el patrón de gluteninas de alto peso molecular (HMW-Gs) en sólo una subunidad: en BP el alelo *Glu-B1* contribuye con la subunidad 8 (77 kD) acompañada por la subunidad 7 (7+8), mientras que en KE el mismo alelo provee el par 7 + 9 (esta última de 75 kD).

También se encontraron diferencias en las gluteninas de bajo peso molecular (LMWG): BP presentó 5 bandas en el rango de 42 a 48 kD, mientras que en KE sólo se observaron tres bandas entre 43 y 46 kD. Respecto de las gliadinas se observó en BP un grupo de 4 bandas entre 50 y 60 kD y una de aproximadamente 23 kD (indicadas con círculos), que están ausentes en KE. En KE aparecen péptidos de masas moleculares entre 45 y 35 kD (indicados con círculos), que no aparecen en BP. La presencia de este último grupo de proteínas, conjuntamente con la ausencia de las subunidades de aproximadamente 60 kD (rango de las  $\omega$ -gliadinas), puede ser atribuido a la translocación con centeno presente en KE, que ocasiona la pérdida de  $\omega$ -gliadinas (Rogers y col., 1989).



**Figura 1.** Patrones electroforéticos de Gluteninas (GT) y Gliadinas (GD) de los cultivares Buck Pronto (BP) y Klein Escudo (KE). Estándar de proteínas: Chinese Spring (Ch), patrones de baja masa molecular (PS).

## 2.2- Calidad de gluten

El test de sedimentación con Dodecil Sulfato de Sodio (SSDS-test), que originalmente fue desarrollado para predecir calidad de gluten en *Triticum durum* L. (Dick y Quick, 1983), provee también información sobre la fuerza de gluten de *Triticum aestivum* L., ya sea en harina o en molienda de grano entero. Los resultados de altura de sedimento (mm) de BP fueron mayores que los de KE, indicando una mayor capacidad o fuerza de gluten de la primera variedad (Tabla 4) y resultaron concordantes con el score de Payne (1987), que relaciona las subunidades de gluteninas con la fuerza de gluten. En concordancia con el tipo de gluteninas de alto peso molecular presentes en BP, esta variedad presentó un

score de Payne igual a 10. Por su parte, el menor valor de altura de sedimento de KE no se correlaciona con el score de Payne (9) sino que es consistente con el score modificado por Rogers y col. (1989), en el que establece una reducción de 2 puntos al score original al considerar el efecto de la translocación con centeno (score modificado para KE igual a 7). Las mezclas de harinas mostraron valores intermedios entre los obtenidos para BP y KE (Tabla 4). Sin embargo, al comparar los resultados experimentales con los valores esperados de acuerdo a las cantidades de cada harina presentes en las mezclas, se observó que la presencia de BP dio alturas de sedimentos mayores a las esperadas. Además, las diferencias entre valores experimentales y esperados aumentaron cuando BP disminuyó su participación en la muestra. Así se registran incrementos respecto de los valores esperados de 5,5, 9,4 y 15% para las mezclas 75:25, 50:50 y 25:75, respectivamente.

**Tabla 4 . Altura de sedimento para BP y KE y sus mezclas (BP:KE), experimental y esperada, mds: mínima diferencia significativa,  $\alpha = 0,05$ . Letras diferentes indican diferencias significativas.**

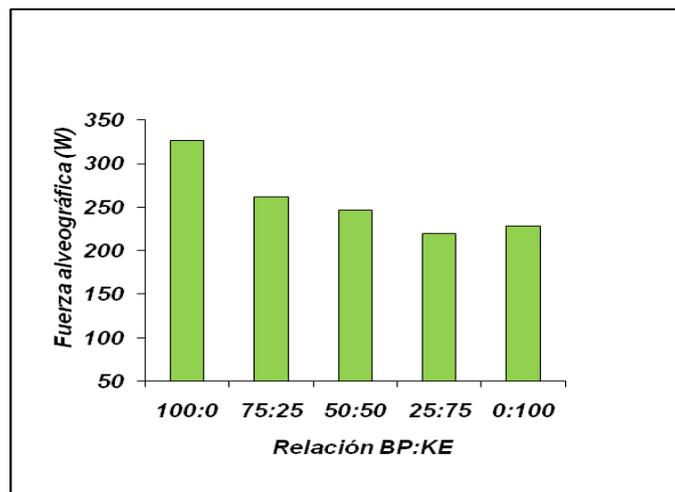
BP:KE	Altura de sedimento (mm)	
	Experimental	Esperada
100:0	89,3 a	89,3
75:25	87,0 b	82,5
50:50	82,7 c	75,6
25:75	79,0 d	68,8
0:100	62,0 e	62,0
mds	1,945	-

### 3- Propiedades reológicas y microestructura de masas

#### 3.1- Comportamiento de las harinas durante el amasado

Buck Pronto exhibió un valor de trabajo alveográfico (W) mayor que KE, como se observa en la Figura 3, resultados relacionados directamente con el patrón proteico de estos cultivares.

Los valores de *W* de las mezclas disminuyeron progresivamente al aumentar la proporción de KE en ellas (Figura 2). A su vez, la tenacidad (*P*), presentó ligeros incrementos cuando KE fue incorporada a las mezclas, mientras que la extensibilidad (*L*), disminuyó (resultados no mostrados). Harinas fuertes del tipo de BP son particularmente difíciles de evaluar a través del ensayo alveográfico. En este ensayo las masas son obtenidas con un nivel de hidratación constante y podrían no estar completamente desarrolladas al tiempo de amasado utilizado por el equipo (8 min). El alveógrafo no está desarrollado para usar con harinas muy fuertes dado que no se pueden distinguir diferencias (Williams, 1998). Aún así no se puede negar el valor de la prueba alveográfica como proveedor de datos tales como la tenacidad y la elasticidad y la correlación del *W* con el volumen de pan. Existe alta correlación ( $r^2 = 0.85$ ) entre *W* y el Test de Sedimentación (datos no mostrados).



**Figura 2.** Valores alveográficos (*W*) de BP (100:0) y KE (0:100) y sus mezclas, Desvío estándar promedio: 12,06.

Se observó un comportamiento farinográfico muy distinto para ambos varietales (Tabla 5). Cultivares de trigo como éstos, que difieren en el patrón de gluteninas de alta masa molecular presentan glútenes de diferente fuerza cuando son examinados a través de los parámetros del mixógrafo (Radovanovic y col., 2002). Cultivares con subunidades 7+9 y 7+8 en el patrón de las HMWG presentan glútenes débiles y fuertes, respectivamente.

**Tabla 5. Parámetros farinográficos para harinas varietales puras y sus mezclas: Absorción de agua (ml/100 g, ABS), Tiempo de desarrollo de la masa (min, DES), Estabilidad de la masa (min, EST) y Aflojamiento de la masa (UB, AFLO).**

<b>BP:KE</b>	<b>100:0</b>	<b>75:25</b>	<b>50:50</b>	<b>25:75</b>	<b>0:100</b>
<b>ABS</b>	56,9	59,0	59,5	61,2	61,8
<b>DES</b>	10,5	8,5	9,0	8,5	6,5
<b>EST</b>	27,0	27,0	27,5	16,0	16,0
<b>AFLO</b>	10,0	12,5	12,5	27,5	50,0

El tiempo de desarrollo de la masa de la variedad con 7+9 es corto mientras que el cultivar con presencia de 7+8 presenta tiempos de desarrollo más largos (Radovanovic y col., 2002). Como en nuestro caso, en las líneas con presencia de 7+8, los autores encontraron valores mayores de altura de sedimento. Está claro que los parámetros farinográficos están influenciados por el tipo de gliadinas y por la introgresión con centeno, (Rogers y col., 1989, Graybosch y col., 1999).

En los ensayos farinográficos, BP presentó el menor porcentaje de absorción de agua (ml/100 g harina), la cual fue aumentando a medida que KE incrementaba su participación en la mezcla. En sentido contrario, el tiempo de desarrollo, que está relacionado con la cantidad y calidad del gluten, disminuyó con el aumento de KE (Tabla 5).

En la Figura 3 se observa la relación existente entre la Estabilidad y el Aflojamiento farinográficos, a medida que se incrementa la proporción de KE. Un aumento del aflojamiento fue acompañado de una disminución en la estabilidad de la masa frente al amasado. Los valores esperados en estos parámetros, serían los valores correspondientes a una recta que une los valores reales de BP y KE y se muestran en la Figura 4. La Estabilidad real es mayor que la esperada hasta la incorporación de 50% de KE (Figura 4 a) mientras que en el Aflojamiento se observa una tendencia similar pero de signo opuesto (mayor el valor esperado,) al aumentar la participación de KE (75% KE) (Figura 4 b)

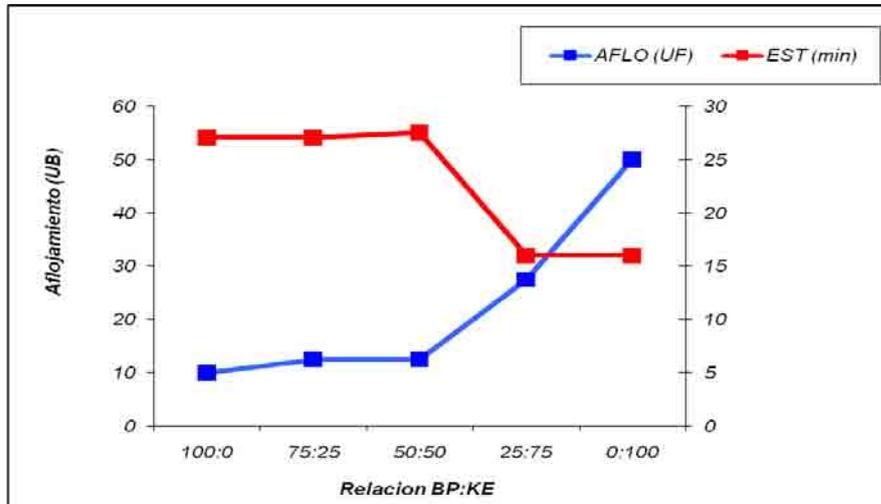


Figura 3. Estabilidad farinográfica (min, EST) y Aflojamiento (UB, AFLO) para harinas puras y sus mezclas.

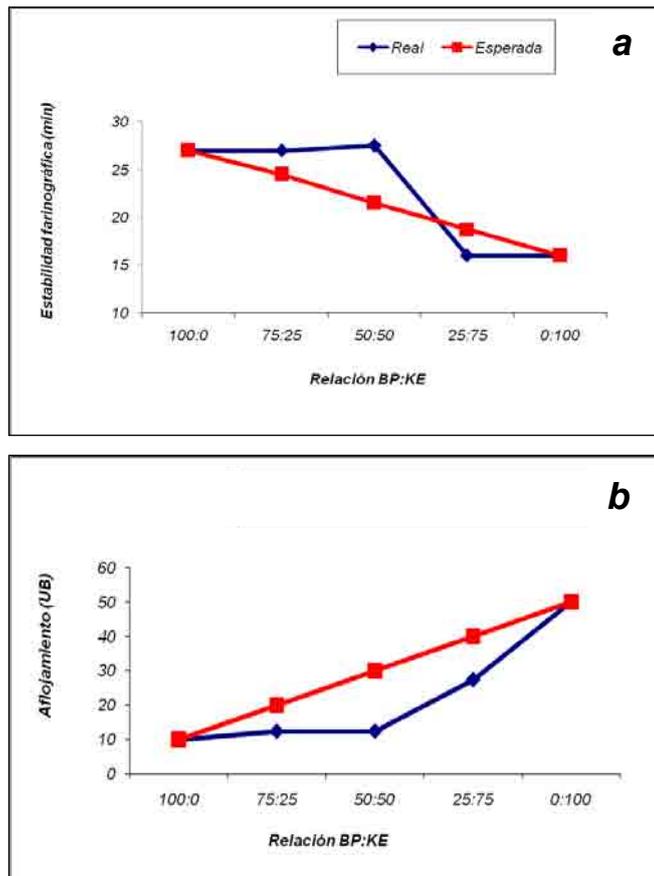
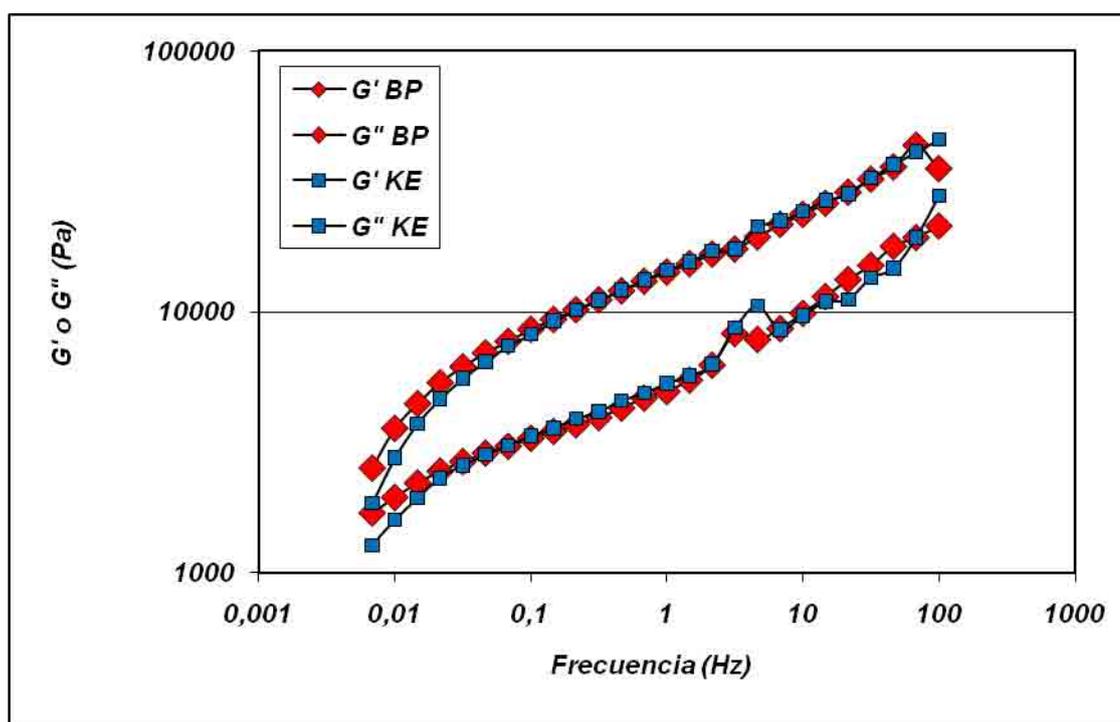


Figura 4. Relación entre a) las Estabilidades real y esperada y b) los Aflojamientos real y esperado, para harinas puras y sus mezclas.

*Estos resultados de la reología empírica de masas indican una cierta tolerancia de la variedad BP, de harina fuerte, a la incorporación de una harina de menor fuerza o, a la inversa, la posibilidad de lograr una harina de calidad estándar a partir de una de baja calidad (y menor precio) con cantidades variables de una harina de mejor calidad y mayor cantidad de proteína (y de mayor valor en el mercado). Por otra parte, este tipo de respuesta ya ha sido informada para mezclas similares de una harina fuerte y una débil, haciendo referencia a sus propiedades reológicas (Zghal y col., 2001).*

### **3.2- Viscoelasticidad de masas**

*Varios autores han sometido a la masa a pequeñas deformaciones oscilatorias para caracterizar la viscoelasticidad (Faubion y col., 1985, Faubion y Hosney 1990, Ameniya y Menjivar 1992). En la Figura 5 se observa la forma que adquieren las curvas del barrido de deformación, lineal entre 0,1 y 100 Hz y donde se aprecia que para cualquiera de las muestras ensayadas  $G'$  (módulo dinámico elástico)  $>$   $G''$  (módulo viscoso) en todo el rango de frecuencias, comportamiento típico de masas (Puppo y col., 2005). Por otra parte, al igual que Autio y col. (2001) no se encontró correlación entre la variación de  $G'$  de la masa, medida en la región viscoelástica lineal, y la performance panadera.*



**Figura 5. Barrido de frecuencia de masas de harinas puras, BP y KE. Tomado de Ponzio y col. (2007).**

En la Figura 6 se muestran los valores de la tangente  $\delta$  ( $G''/G'$ ) de las diferentes masas. La masa de BP presentó valores  $\tan \delta$  de  $0,380 \pm 0,002$ , lo que indicaría un comportamiento semejante al de un gel débil. La incorporación de KE a las mezclas, hasta una proporción mayor al 50%, formó masas más viscosas (mayor  $\tan \delta$ ). En los test reométricos, la deformación fue realizada en la zona viscoelástica lineal mientras que en los ensayos reológicos empíricos (alveogramas, farinogramas) las masas fueron sometidas a mayores deformaciones, fuera del rango lineal. En la prueba alveográfica se lleva al máximo estiramiento a la masa y por ende al gluten formado, hasta su ruptura por insuflado de aire. En el farinograma, la masa es sometida a un sobre-amasado que llega hasta el decaimiento de la red de gluten. Sin embargo, en condiciones de no deformación (ensayos dinámicos) la masa obtenida con 7 min de amasado con la variedad KE, resultó sólo un poco más viscosa que la BP. Estos resultados indican que la participación de KE en la mezclas otorga esa característica a las masas, lo que coincide con los resultados farinográficos y alveográficos presentados anteriormente.

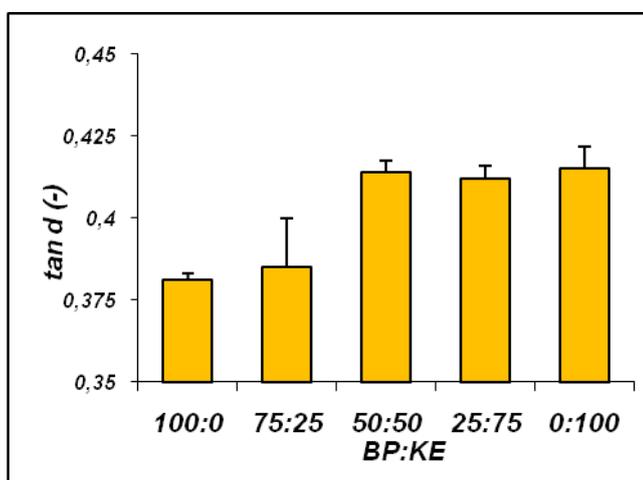


Figura 6. Valores de la tangente  $\delta$  ( $G''/G'$ ) para harinas puras y sus mezclas, tomado de Ponzio y col. (2007).

### 3.3- Textura de masas

Las masas analizadas mostraron que la dureza de BP fue significativamente mayor que la de KE. Al agregar KE no se observó una disminución significativa hasta más del 50% de participación en la mezcla (Tabla 6).

Tabla 6. TPA de masas: Dureza (N), Adhesividad (N.s), Elasticidad (cm), Cohesividad (-), Gomosidad (-). mds: mínima diferencia significativa,  $\alpha = 0,05$ . Letras diferentes indican diferencias significativas.

BP:KE	Dureza	Adhesividad	Elasticidad	Consistencia	Cohesividad	Gomosidad
100:0	28,5 a	28,8 a	5,1 d	120,7 abc	0,52 d	15,07 b
75:25	27,3 a	38,2 b	6,3 c	125,2 a	0,63 c	16,43 ab
50:50	26,0 a	43,0 bc	7,2 bc	127,2 a	0,72 b	18,43 a
25:75	21,6 b	45,5 bc	7,7 b	115,3 bc	0,86 a	18,58 a
0:100	19,6 b	51,0 c	9,0 a	109,9 bc	0,92 a	17,54 ab
mds	3,28	8,29	0,96	11,81	0,09	3,12

Los resultados de dureza son consistentes con los obtenidos en los ensayos alveográficos y farinográficos, ya que la dureza de la masa correlacionó

positivamente con la estabilidad farinográfica y con la fuerza alveográfica ( $r^2 = 0,90$  y  $r^2 = 0,88$ , respectivamente). La adhesividad, elasticidad y cohesividad aumentaron considerablemente cuando KE incrementó su proporción en la mezcla. No se observaron diferencias significativas en consistencia y gomosidad.

La comparación entre los valores esperados (teóricos) y los reales, se muestra en la Figura 7. En algunos de estos parámetros se observó, en mayor o menor medida, el mismo fenómeno observado en las pruebas reológicas empíricas, los valores reales fueron mayores que los esperados.

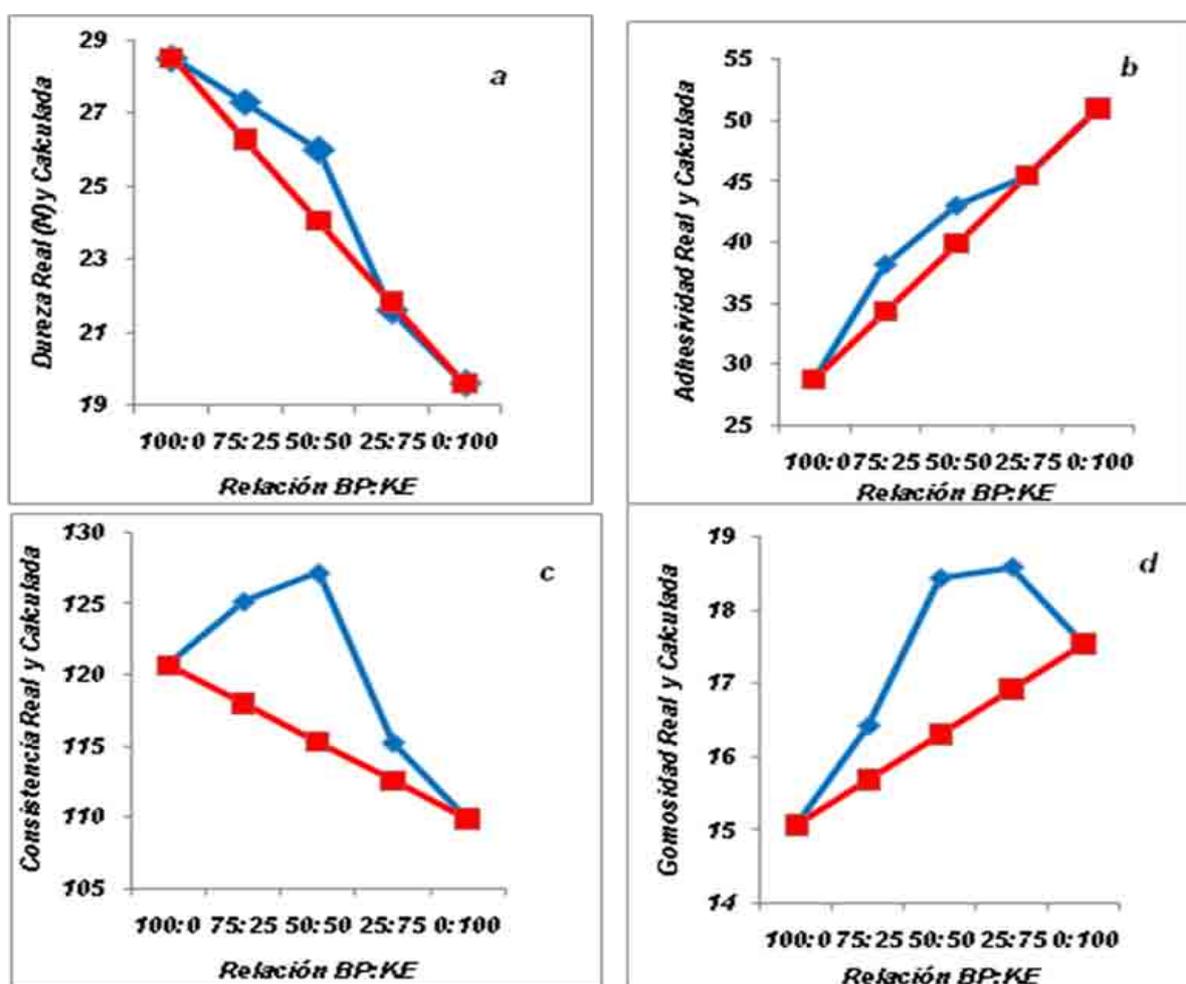
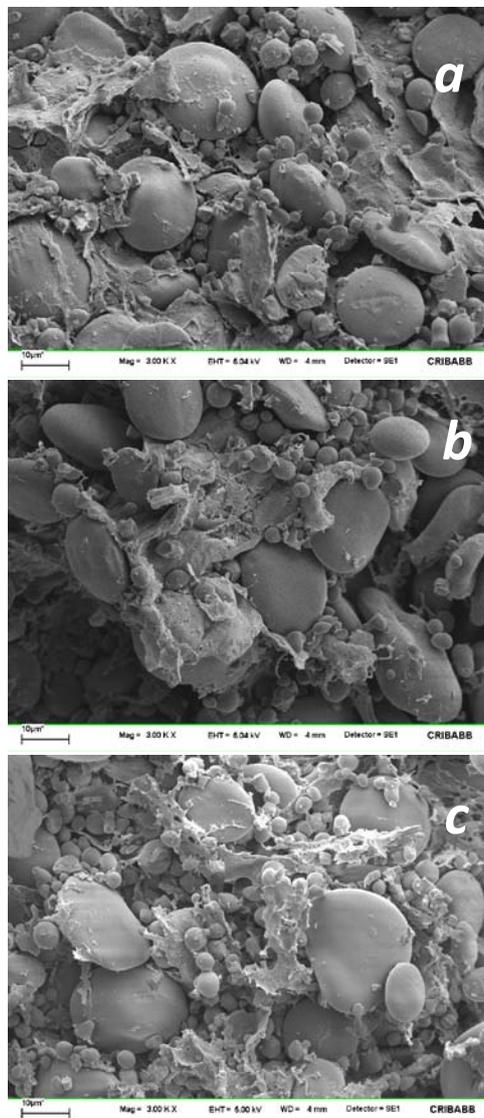


Figura 7. Parámetros de TPA de masas: reales (azul), calculados (rojo). a) Dureza, b) Adhesividad, c) Consistencia, d) Gomosidad.

### 3.4- Microestructura de masas

La microestructura de las masas, analizada por microscopía electrónica de barrido (SEM), de las harinas varietales y la mezcla BP: KE 50:50 se muestran en la Figura 8. Los cuerpos redondeados corresponden a los gránulos de almidón, de diferentes tamaños. También se observan gránulos rotos. La matriz de gluten en BP aparece como una red que envuelve a los gránulos de almidón (Figura 8 a). En la masa de KE la red de gluten parece menos compacta y presenta aparentemente una mayor proporción de gránulos de almidón de menor tamaño que en BP (Figura 8 c).



**Figura 8. Microfotografías de masa (SEM). (a) BP, (b) 50:50 BP:KE, (c) KE. Aumento: 3000 X. Bar: 10 µm.**

*La red de gluten de la masa 50:50 (Figura 8 b) presentó una estructura similar a la de BP. Estas fotografías sugieren que la incorporación de KE a BP hasta un 50% no altera pronunciadamente las características de la matriz de BP. El mantenimiento de la red de gluten refuerza la hipótesis que BP es un cultivar de trigo que rinde harinas capaces de tolerar el agregado de hasta un 50% de harinas del tipo de KE y, desde otro ángulo, un harina tipo KE, de menor precio, se corrige con un porcentaje variable entre el 25 y el 50%, dependiendo el tipo de panificado que se quiera producir.*

#### **4- Proceso de panificación**

##### **4.1- Curvas de fermentación**

*El tiempo necesario para alcanzar los 2/3 del volumen total de fermentación fue de 67,5 y 90 minutos para levadura fresca y seca, respectivamente. En base a estos resultados se decidió trabajar con levadura fresca para reducir el tiempo del ensayo.*

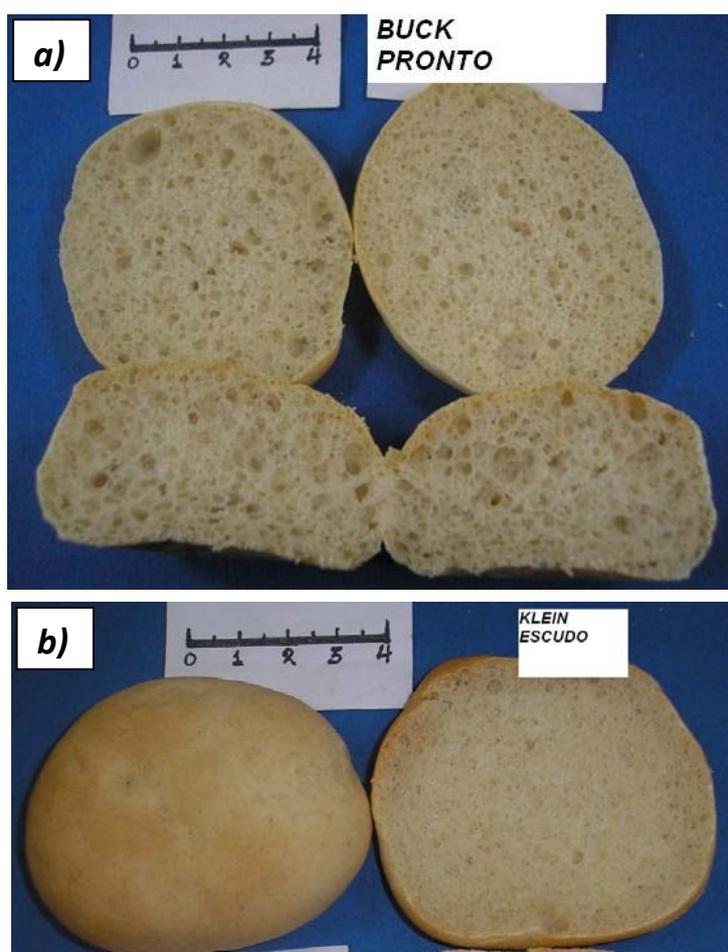
*Se realizaron pruebas con distintos tiempos de fermentación: 45, 55, 60, 70 y 80 minutos. Las harinas varietales mostraron diferente tiempo de fermentación: 75 y 60 minutos para BP y KE, respectivamente. Se observó que con 55 y 60 minutos de fermentación, no hubo desarrollo en el horno (oven-spring). Por lo que, a los efectos de no agregar un factor más de variación, el tiempo de fermentación se fijó en un valor promedio cercano a los dos tercios de tiempo máximo de fermentación para ambas harinas y sus mezclas: 45 min.*

##### **4.2- Calidad de las piezas panarias**

###### **4.2.1- Descriptores físicos**

*En las Figuras 9 se observa el aspecto de los panes obtenidos con harinas de variedades puras BP y KE. Los parámetros físicos de las piezas panarias se presentan en la Tabla 7.*

Se observa que los panes de harinas puras presentaron valores diferentes de alto y ancho, con valores situados entre los valores extremos para las mezclas. El ancho de los panes aumentó y la altura disminuyó con la incorporación de KE, dando como resultado un aumento en la relación Ancho/Alto, por lo que los panes de BP lucen más compactos.



**Figura 9.** Panes obtenidos con harinas de variedades puras. a) Corte longitudinal y transversal de pan de BP. b) Corte longitudinal de KE. La regla indica cm.

Adicionalmente, el porcentaje de expansión en ancho ( Exp. An, %) de las piezas aumentó a medida que KE incrementó su participación en la mezcla. A causa de esto, la relación de forma (Ancho/Alto) más equilibrada de las piezas

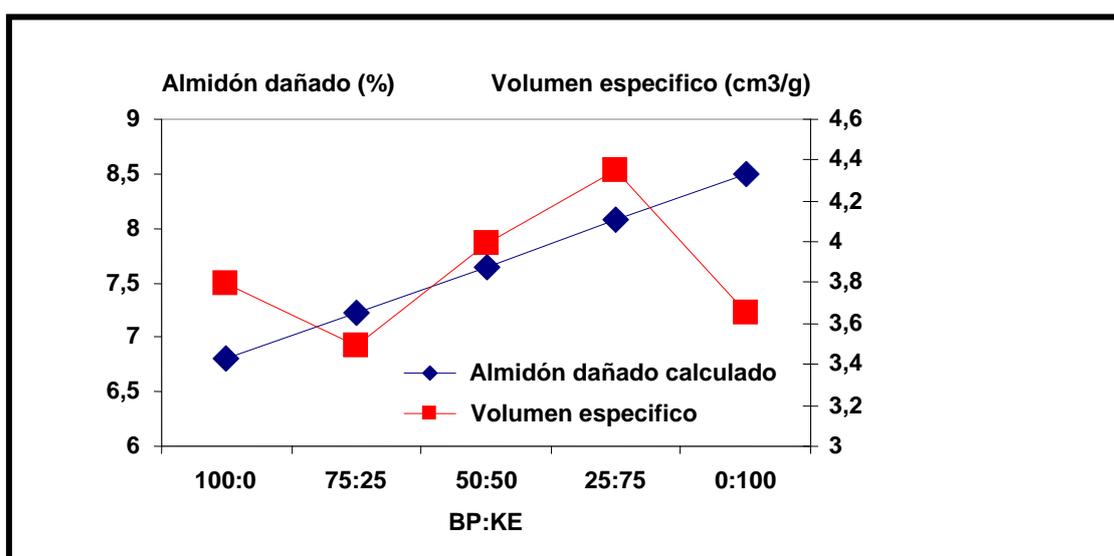
se obtuvo para los panes BP. El peso/pieza de pan correlacionó negativa y significativamente con la participación de KE en la mezcla ( $r^2 = 0,91$ ).

El volumen específico de pan presenta su mayor valor en 25:75 y la relación Ancho/Alto aumentó con el agregado de KE a la mezcla (Tabla 7).

**Tabla 7. Parámetros físicos de las piezas de pan obtenidos de harinas varietales BP, KE y sus mezclas. mds: mínima diferencia significativa,  $\alpha = 0,05$ . Letras diferentes indican diferencias significativas.**

BP:KE	Ancho (cm)	Alto (cm)	Exp. An (%)	Exp. Al (%)	Ancho/Alto (-)	Peso/pan (g)	Vol. Esp. (cm <sup>3</sup> /g)
100:0	5,93 d	3,09 a	123,5 d	309 a	1,93 c	20,4 a	3,80 c
75:25	6,08 c	2,46 b	126,5 c	246,2 b	2,48 b	18,8 b	3,49 d
50:50	6,45 b	2,28 c	134,2 b	228,3 c	2,84 a	18,7 b	3,99 b
25:75	6,60 a	2,40 b	137,2 a	239 b	2,77 a	18 b	4,35 a
0:100	6,39 b	2,29 c	133,1 b	228,7 c	2,81 a	16 c	3,65 cd
mds	0,12	0,09	2,4	9,24	0,12	0,82	0,19

De acuerdo con Barrera y col. (2007), el volumen específico de los panes se correlaciona en forma negativa con el porcentaje de almidón dañado.



**Figura 10. Almidón dañado calculado y volumen específico (mds 0,19) de piezas panarias.**

*Asumiendo que el porcentaje de almidón dañado en las mezclas es aditivo, se calculó el porcentaje de este parámetro para cada una de ellas. Se observó que el volumen específico no guardó relación con dicho porcentaje (Figura 10). Este comportamiento sugiere que el almidón dañado podría ser aplicable sólo en forma parcial como parámetro para predecir performance panadera de harinas puras y de harinas comerciales.*

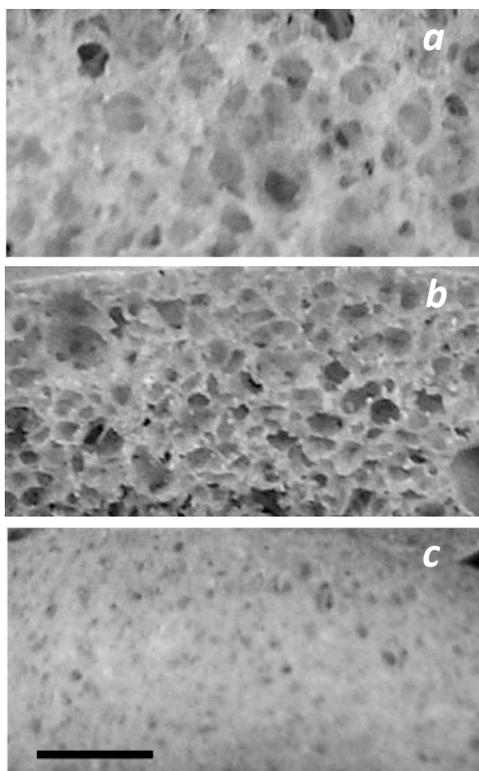
*Los volúmenes específicos de las piezas de BP y KE fueron menores que los de panes preparados con algunas de las mezclas. Además éste parámetro resultó significativamente mayor en las mezclas 50:50 y 25:75, lo que no debe llevar a interpretar que ello refleja una buena calidad panadera (Tabla 7). El incremento en el volumen específico en estas mezclas podría deberse a cambios en la superficie de los panes y por ende mayor superficie expuesta a la deshidratación. Esto podría ser causa de ligeras diferencias en el peso final de las piezas panarias que llevarían a sobreestimar los valores de volumen específico.*

*En consecuencia, altos valores de volumen específico no necesariamente significan una calidad superior ya que éste es un atributo que el consumidor integra con otros parámetros tales como textura de la miga, sabor, color y además está relacionado con el criterio subjetivo del consumidor de qué se espera respecto de la corteza de una pieza panaria.*

*Por otra parte, en este ensayo no se encontraron ajustes entre el W y el volumen/pan o el volumen específico ni entre el SDSS-TEST con los mismos parámetros, poniendo en evidencia que la mezcla de harinas de diferente calidad no da siempre una relación lineal en su producto. Este comportamiento pone en evidencia que en el proceso de panificación y en la evaluación de la calidad intervienen, además del contenido de proteínas entre otras variables, las genéticas, ambientales y tecnológicas.*

*La Figura 11 muestra el alveolado de las migas de los diferentes panes de un corte transversal. Se observa claramente el alveolado abierto y con alvéolos de distinta magnitud presente en BP en claro contraste con el alveolado más*

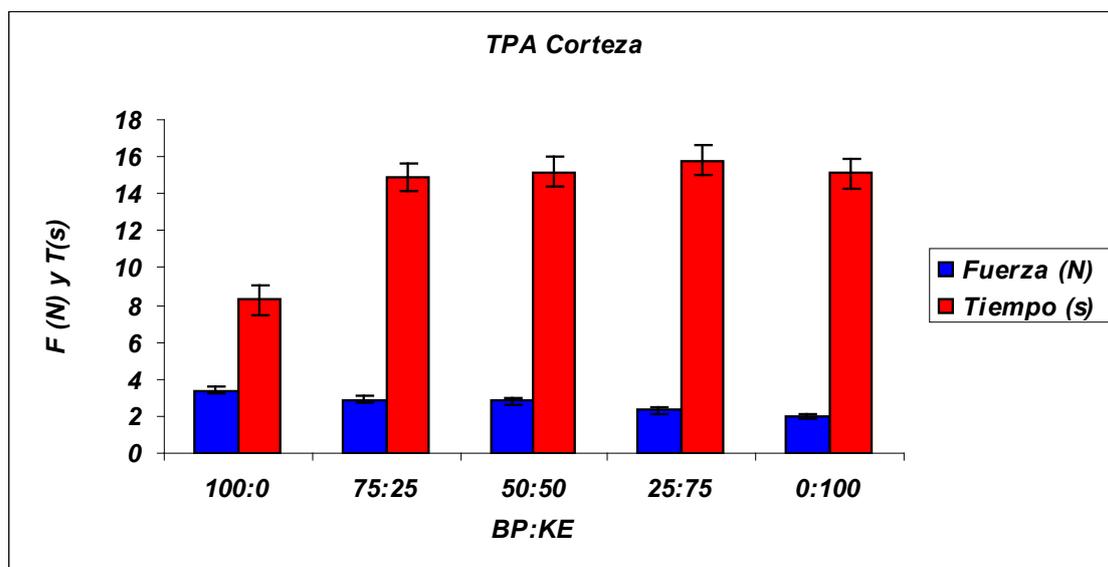
uniforme y de menor calibre de KE. El alveolado de 25:75 presentó una situación intermedia.



**Figura 11.** Fotografía de secciones de miga. (a) BP, (b) 25:75 BP:KE, (c) KE. Barra: 1 cm.

#### **4.2.2- Textura de las piezas panarias**

La Figura 12 muestra la fuerza necesaria para penetrar la corteza de pan. A medida que aumentó KE, disminuyó la fuerza de penetración, conjuntamente con un aumento del tiempo necesario para el proceso. Estos resultados sugieren una corteza más débil, más elástica del tipo gomoso.



**Figura 12. Relación entre la fuerza y el tiempo necesario para la ruptura de la corteza.**

La humedad de la miga no varió sustancialmente entre las muestras, mostrando valores entre 38 y 40%. La Tabla 8 muestra los parámetros de Dureza, Consistencia y Cohesividad de miga. Se observa que tanto Dureza como Consistencia presentaron un patrón similar mientras KE no superó el 50% de participación en la mezcla, no mostrando grandes cambios en Cohesividad.

**Tabla 8. Textura de la miga de las piezas panarias obtenidas con BP y KE y sus mezclas.**

<b>BP:KE</b>	<b>Dureza (N)</b>	<b>Consistencia (N s)</b>	<b>Cohesividad (adim)</b>
<b>100:0</b>	2,58 b	39,96b	0,62 ab
<b>75:25</b>	3,02 a	45,88a	0,62 ab
<b>50:50</b>	3,05 a	40,18ab	0,62 ab
<b>25:75</b>	1,90 c	28,90c	0,63 a
<b>0:100</b>	1,69 c	24,16c	0,60 b
<b>mds</b>	0,20	0,23	0,026

La dureza de la miga de BP fue mayor que la de KE. Sin embargo la participación de KE en la mezcla hasta un 50% produjo migas más duras que BP pura. Contenidos mayores al 50% de KE produjeron una disminución

significativa en la dureza de la miga. Como se observó en la Figura 11, BP muestra una estructura con alvéolos grandes mientras que KE muestra un aspecto denso y menos esponjoso. Estos resultados son coincidentes con los de Scanlon y col. (2000), que encontraron que harinas más fuertes presentaban mayor dureza en la miga, demostrando que existe una relación entre la fuerza de la harina, el alveolado y la textura de la miga. Los panes logrados con la mezcla 25:75 se corresponden con el mayor volumen específico y tienen un tamaño intermedio de alveolado. La dureza de un material esponjoso como la miga de pan puede ser explicada por la contribución de las paredes de las celdas de aire a la densidad relativa de la miga (Attenburrow y col., 1989). Como se muestra en la Tabla 8 la máxima dureza de miga se obtuvo cuando una proporción de 25 y 50% de KE estaba presente en la mezcla. Teniendo en cuenta que el volumen específico es el mayor, se podría concluir que se formó una red de gluten más resistente, con paredes de alvéolos más resistentes que contribuyen a la formación de una espuma más firme. Resultados similares fueron obtenidos por Zghal y col. (2001) con una mezcla de trigos duros y blandos. La variedad fuerte tenía densidad de miga significativamente menor que la débil, pero el módulo de Young (parámetro relacionado con la elasticidad) de ambas migas era similar. Este hecho fue atribuido por estos autores a paredes más resistentes en la miga de la harina fuerte. En nuestro caso, el SDSS Test y parámetros texturales, farinográficos, como así también el W, sugieren la formación de una red de gluten más resistente en BP. Sin embargo, no solamente la calidad de la red de gluten puede asociarse a la firmeza de la miga, también la capacidad de ligar agua de cada harina. De acuerdo con Hareland y Puhr (1998), trigos duros se relacionan con una mayor capacidad de ligar agua. Los trigos blandos retienen menos agua lo que causa un incremento en la firmeza de la miga lo que es potenciado por una mayor retrogradación del almidón. Así, aún cuando KE es un trigo duro, su calidad proteica lo caracteriza casi como un trigo débil. Por lo que, la mayor participación de una harina débil como KE a ciertos niveles, podría contribuir a la formación de migas más duras.

Por otra parte, la coincidencia de comportamiento de la miga y la masa se transforma en un dato no menor y prometedor en el sentido de que sería factible, en un sistema conocido, predecir el comportamiento textural de la miga bastante ajustadamente sin realizar la panificación. Cuando se relacionan la consistencia de miga con el W y la estabilidad y consistencia de la masa (Figura 13), se observa que existe la misma tendencia entre los diferentes parámetros. Este comportamiento le confiere, a diferencia del volumen específico como vimos anteriormente, un papel importante a la consistencia de la masa y la miga como parámetros de calidad panadera; revalorizando el carácter predictor del W y de la estabilidad farinográfica.

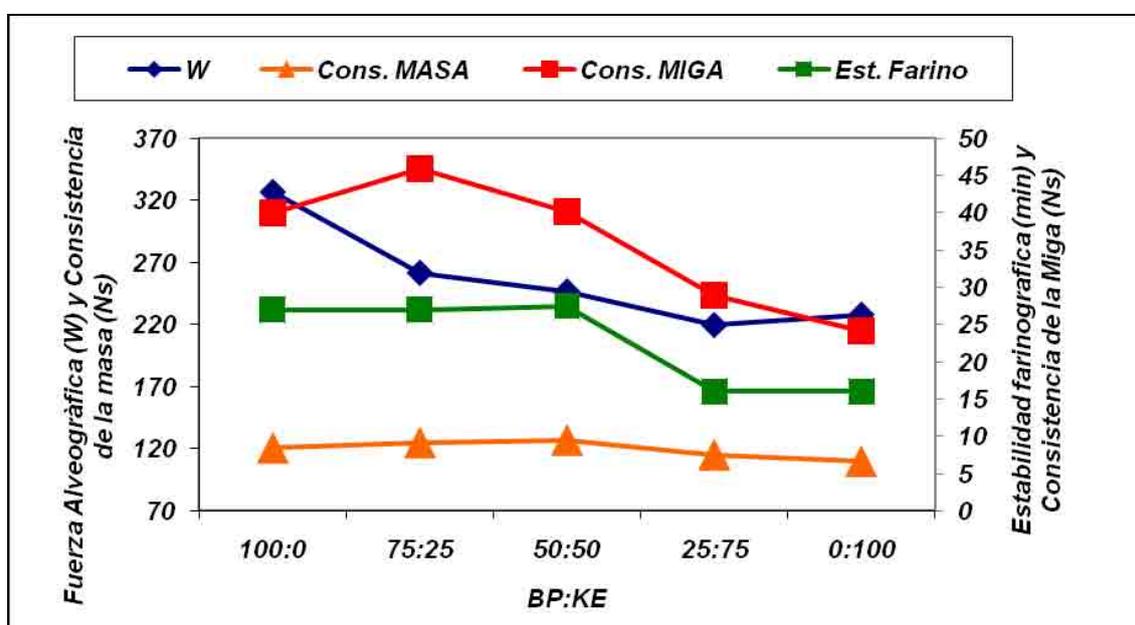


Figura 13. Relación entre parámetros reológicos y texturales: Fuerza Alveográfica (W), Estabilidad farinográfica, Consistencia de la Masa y de la Miga.

Por otra parte, es posible relacionar parámetros de la reología de masas con algunos parámetros de performance panadera. Al respecto podemos mencionar que, en este sistema, el peso/pan logrado tuvo estrecha relación ( $r^2 = 0,87$ ) con los valores de Dureza de masa obtenidos en el TPA.

Además, al correlacionar Dureza y Consistencia de masa y de miga se observó un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) de 0,71 en ambos casos.

#### 4.2.3. Color de miga y corteza

El color de la miga de los panes no mostró grandes diferencias a pesar de las diferencias originales en el color de las harinas puras. En la Tabla 9 se pueden observar diferencias de color en la corteza, siendo éste un atributo de calidad panadera importante. Aunque muy ligado a la subjetividad de los consumidores existe cierta inclinación generalizada a preferir panes con coloración tostada en sus distintas variantes. Los parámetros de color obtenidos de harinas puras fueron significativamente diferentes (Tabla 9). La corteza de BP fue más clara ( $L^* = 81,3$ ) que la de KE ( $L^* = 73,2$ ) sin embargo no se observó ninguna tendencia en los valores de las mezclas (datos no mostrados). La corteza de KE mostró valores menores de Hue ( $H^*$ ) y mayores en intensidad de color (chroma,  $C^*$ ) que BP. Cuando la proporción de KE aumentó en la mezcla,  $H^*$  mostró tendencia a disminuir y  $C^*$  a aumentar (Tabla 9). Los mayores valores de  $a^*$  y  $b^*$  obtenidos contribuyeron a elevar  $C^*$ . El incremento del valor  $a^*$  está relacionado con una apariencia de los panes más rojiza. Estos resultados pueden ser atribuidos a la reacción de Maillard y sus productos (Dubat, 2004). La harina de KE mostró valores de almidón dañando de 8,5%, mayor que los de la harina de BP (6,5%) que podrían explicar una mayor disponibilidad de sustrato para la reacción de pardeamiento.

**Tabla 9. Parámetros de color de la corteza de panes hechos con harinas de BP y sus mezclas.**

<b>Corteza</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>H*</b>	<b>C*</b>
<b>100:0</b>	0,23 c	22,49 d	89,53 a	22,50 d
<b>75:25</b>	0,11 c	18,41 e	90,15 a	18,42 e
<b>50:50</b>	1,00 b	25,46 c	87,78 b	25,52 c
<b>25:75</b>	3,93 a	34,53 a	83,62 c	34,78 a
<b>0:100</b>	4,17 a	32,38 b	82,8 c	32,67 b
<b>mds</b>	0,6742	1,528	1,2146	1,5661

## **5- Conclusiones parciales**

- *La calidad de las harinas varietales y su posterior performance panadera está altamente influenciada por la composición proteica de las mismas.*
- *El conocimiento del patrón de HMWG de una variedad alcanza para inferir parte de su comportamiento panadero pero no es suficiente para predecirlo más ajustadamente. Un mejor entendimiento de las interacciones entre Gliadinas y LMWG, además de la interacción genotipo-medioambiente, y su relación con la calidad permitirán un mayor ajuste en la predicción de la calidad panadera.*
- *Una harina de buena calidad como BP puede tolerar el agregado hasta cierta proporción de una de inferior calidad panadera como KE sin afectar negativamente las características de la masa y del producto obtenido. O viceversa, es posible mejorar una harina de baja calidad (KE) con poca cantidad de una de buena calidad (BP).*
- *El porcentaje de almidón dañado, dada su relación con la absorción de agua, podría ser aplicable sólo en forma parcial como parámetro para predecir performance panadera, tanto de harinas puras como de harinas comerciales.*
- *Algunos de los parámetros del ensayo de textura de masa podrían predecir algunos características de calidad panadera.*

## *CAPITULO V*

### ***EFFECTO DE ADITIVOS EN HARINAS VARIETALES***



## **1- Propiedades reológicas y microestructura de masas**

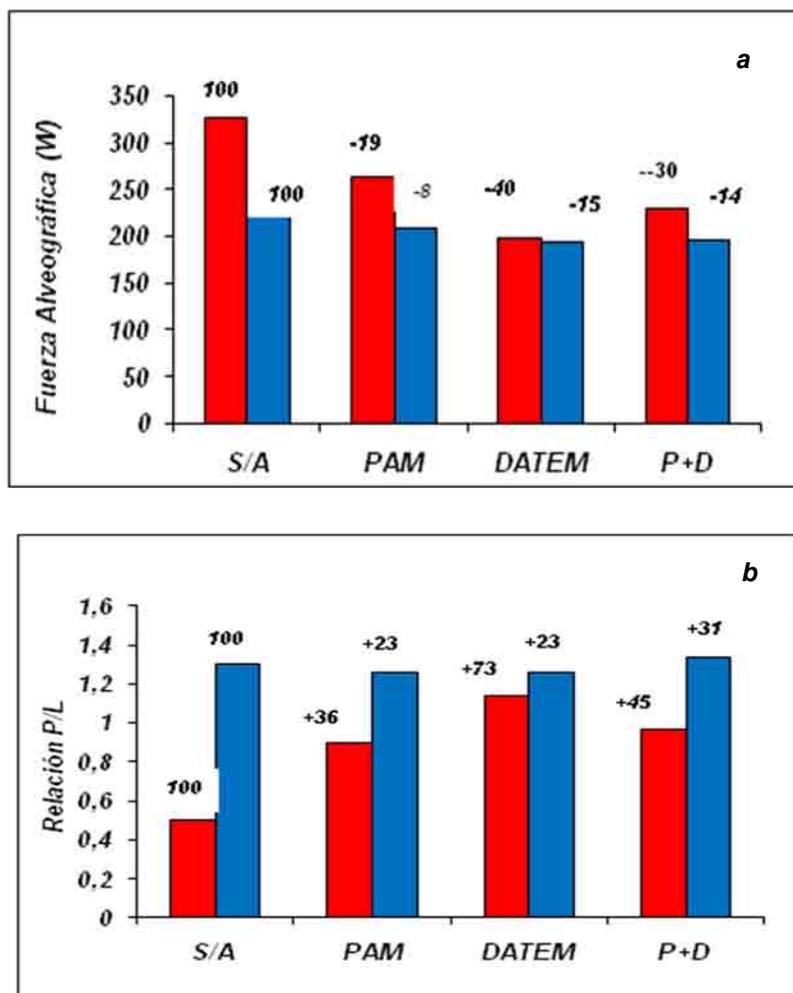
### **1.1-Comportamiento de las harinas durante el amasado**

*El patrón proteico de gluteninas de alto peso molecular de las dos variedades utilizadas en este trabajo mostró que (Capítulo IV), sólo presentan diferencia en una subunidad, BP tiene la subunidad 7 asociada a la 8 y KE la tiene asociada a la subunidad 9. Pero además, KE es una variedad que presenta introgresión con centeno, lo que disminuye su calidad panadera, como ya se ha explicado anteriormente (Ponzio y col., 2008). Por esta razón la harina de BP presentó mayor fuerza alveográfica que KE.*

*En las Figuras 1 a y b (Ponzio y col., 2010), se observa, no sólo esta diferencia, sino también el efecto sobre el W y P/L que ejercen los aditivos utilizados. Los números sobre las columnas representan el porcentaje de variación de los parámetros respecto a los valores controles, es decir, se consideró como base 100 el W de las harinas sin aditivos.*

*Los valores de tenacidades (P) de BP y KE exhibieron una tendencia al aumento con la presencia de aditivos; mientras que la extensibilidad, L, presentó el comportamiento opuesto (datos no mostrados). En consecuencia, la relación P/L aumentó en ambos varietales con el agregado de aditivos (Figura 1 b). Todos los aditivos (PAM, DATEM, P+D), especialmente el emulsificante, disminuyeron el W alveográfico en ambos tipos de harinas, pero en diferente grado dependiendo del tipo de varietal (Figura 1 a).*

*La absorción de agua farinográfica (Tabla 1) aumentó en presencia del hidrocólide para ambas harinas varietales, no observándose variaciones con el agregado de DATEM. Los valores de absorción de agua de las harinas con la mezcla de aditivos resultaron intermedios a los obtenidos con los aditivos puros.*



**Figura 1.** Fuerza alveográfica W (a) y relación P/L (b) de harinas puras. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Barras rojas: BP, barras azules: KE. Los números sobre las columnas indican el porcentaje de disminución/aumento respecto de la harina sin aditivos.

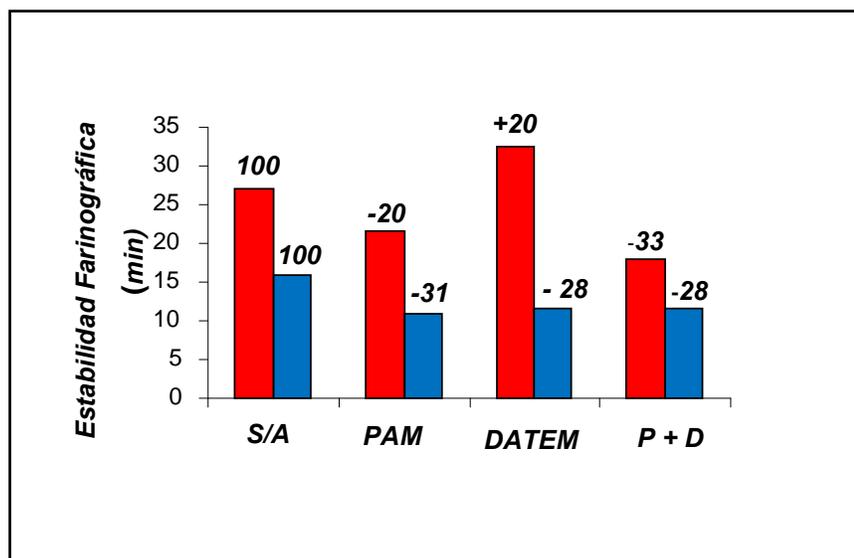
**Tabla 1.** Absorción de agua farinográfica (%) de harinas puras. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Tolerancia para

**absorción de agua Farinográfica (Norma IRAM 15855): 1%. (\*) indica diferencia respecto del S/A, según el nivel de tolerancia.**

<b>Muestras</b>	<b>BP</b>	<b>KE</b>
<b>S/A</b>	<b>56,9</b>	<b>61,8</b>
<b>PAM</b>	<b>59,2 *</b>	<b>63,8*</b>
<b>DATEM</b>	<b>56,4</b>	<b>61,4</b>
<b>P+D</b>	<b>57,5</b>	<b>63,1*</b>

La estabilidad farinográfica de las harinas varietales fue diferente en ausencia (Capítulo IV) y presencia de los aditivos utilizados (Figura 2). En BP, las masas con PAM y DATEM tuvieron efectos opuestos, PAM efecto depresor y el DATEM promotor. En el caso de la harina KE, con menor estabilidad farinográfica, todos los aditivos disminuyeron este parámetro entre un 28 a 31%, como se observa en la Figura 2. El efecto sobre las masas de ambos aditivos, pectina y emulsificante (P+D), produjo masas más blandas con disminución de la estabilidad al amasado en ambas harinas. Este comportamiento podría deberse al efecto hidrofílico de PAM, que presenta sitios polares en contraposición con la molécula hidrofóbica del DATEM, que tiene afinidad por los sitios hidrofóbicos de las proteínas y/o el almidón. Estos resultados indican que el efecto de un determinado tipo de aditivo parece ser dependiente del tipo de harina varietal utilizada. El efecto diferencial del DATEM, de acuerdo al tipo de harina utilizada fue informado también por Ravi y col. (2000). Estos autores encontraron que el uso de emulsificantes incrementó la resistencia a la extensión y disminuyó la extensibilidad de la masa, siendo DATEM el que produjo mayor efecto, lo que sería válido para BP más no para KE. Respecto de los efectos de PAM, Bárcenas y col. (2009), informaron que la inclusión de este hidrocoloide en niveles crecientes, produjo una importante reducción con el Índice de Gluten, en el porcentaje de gluten húmedo y seco, sugiriendo un debilitamiento de la red de gluten.

Este efecto concuerda, en general con los resultados obtenidos en este trabajo de fuerza alveográfica (Figura 1 b) y Estabilidad Farinográfica (Figura 2).



**Figura 2. Estabilidad farinográfica de harinas puras. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Barras rojas: BP, barras azules: KE. Los números sobre las columnas indican el porcentaje de disminución/aumento respecto de la harina sin aditivos (Ponzio y col., 2010). Tolerancia para Estabilidad Farinográfica: < 10 min = 2 min; >10 min = 20% (Norma IRAM 15855).**

El efecto de los aditivos sobre el Aflojamiento, refleja, en parte lo comentado anteriormente (Tabla 2). Todos los aditivos incrementaron significativamente el Aflojamiento en KE (entre un 140-160 %). En BP el incremento relativo a las muestras S/A fue mayor y, la pectina (sola o en mezcla) fue la que tuvo mayor influencia en este parámetro (Tabla 2).

**Tabla 2. Aflojamiento farinográfico de las harinas puras. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Tolerancia para el Aflojamiento: < 100UB = 20 UB; > 100 UB = 20% (Norma IRAM 15855). (\*) indica diferencia respecto del S/A, según el nivel de tolerancia.**

<b>Muestras</b>	<b>BP</b>	<b>KE</b>
<b>S/A</b>	<b>10</b>	<b>50</b>
<b>PAM</b>	<b>40*</b>	<b>80*</b>
<b>DATEM</b>	<b>20</b>	<b>70*</b>
<b>P+D</b>	<b>50*</b>	<b>80*</b>

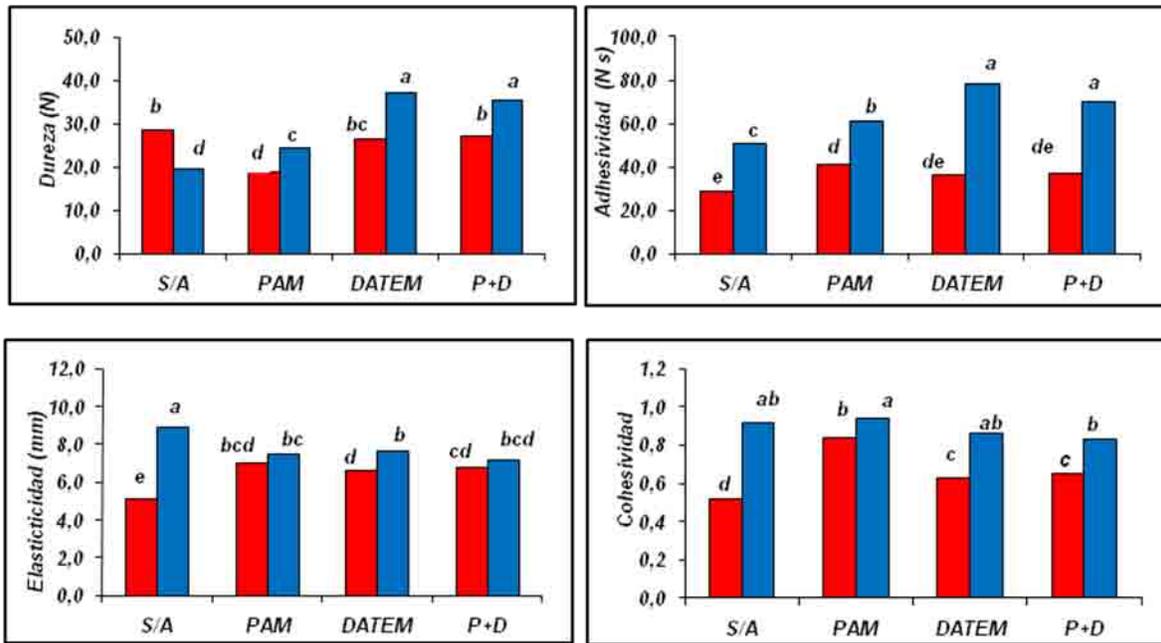
## **1.2- Textura de masas**

En la Figura 3 se muestran los parámetros texturales de las masas. BP presentó diferencias significativas en dureza que KE, pero su masa resultó menos adhesiva, cohesiva y elástica; características que se condicen con los parámetros alveográficos obtenidos (Figura 1).

Las tendencias más relevantes en los atributos texturales de las masas se observaron en dureza y elasticidad. Interesantemente y en concordancia con las evaluaciones reológicas previas, los aditivos tuvieron efectos diferentes en ambas harinas: BP mostró disminución en la dureza e incremento en la elasticidad, mientras que en KE ejercieron un efecto opuesto (Figura 3) (Ponzio y col., 2010). Por su parte, la adhesividad mostró incrementos en ambas harinas, pero de diferente magnitud mientras que los aditivos modificaron sensiblemente la cohesividad de BP. En general, la mezcla P+D no mejoró la textura lograda sólo con DATEM (Figura 3).

Los aditivos igualaron la elasticidad de las masas preparadas con ambas harinas. Los aditivos, mejorando la elasticidad de BP y disminuyendo la de KE; sugiriendo una

diferente interacción de los aditivos con las distintas fracciones de proteínas de gluten, posiblemente debido a la diferente naturaleza de gliadinas y gluteninas presente en cada variedad. La interacción variedad x aditivo, cuyos valores se observan en la Figura 3, reafirman las diferencias de comportamiento de estas variedades ante la presencia de aditivos.



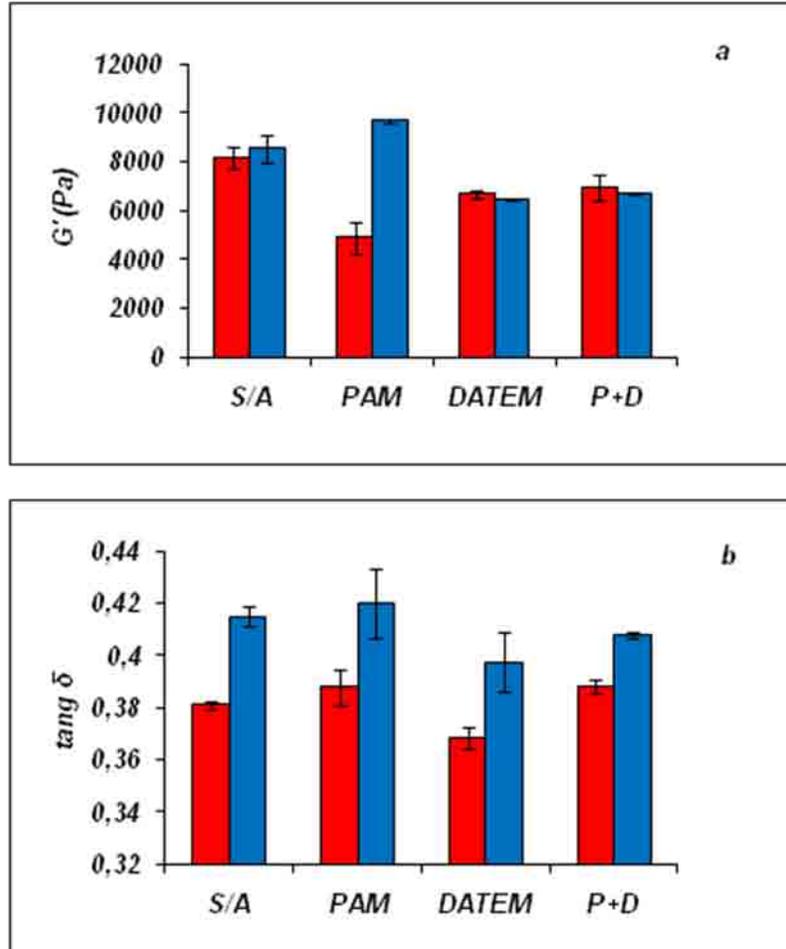
**Figura 3 . Atributos texturales de masa: Dureza (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , mds 2,4), Adhesividad (Interacción var x adit,  $p < 0,0006$ , mds 8, 4), Elasticidad (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , mds 0,75), y Cohesividad (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , mds 0,09). S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Barras rojas: BP, barras azules: KE. Las letras sobre las columnas indican diferencias significativas en la interacción (Test de Fisher,  $P < 0.05$ ). Ponzio y col. (2010).**

### 1.3- Viscoelasticidad de masas

Es posible caracterizar la reología de las masas a través de ensayos oscilatorios. Numerosos investigadores han utilizado esta herramienta (Faubion y col., 1985; Faubion y Hosney, 1990; Amemiya y Menjivar, 1992) para dicho fin. Las masas BP y KE (Capítulo IV) no presentaron diferencias significativas en el módulo elástico. Sin

embargo, en la Figura 4 a se observa un comportamiento diferencial en dicho módulo para las masas de harinas varietales en presencia de aditivos. La masa de BP presentó una disminución significativa del módulo elástico, especialmente con el hidrocoloide, coincidente con la tendencia observada en la fuerza alveográfica. Por su parte KE mostró un incremento sólo con la adición de PAM, mientras que con DATEM y la mezcla de aditivos se registraron disminuciones similares. Bárcenas y col. (2009) también encontraron que la pectina aumentó  $G'$  y  $G''$  pero la  $\tan \delta$  permaneció constante, indicando una contribución estable de ambos módulos a la viscoelasticidad de las masas. En nuestro caso, la pectina tampoco modificó la relación  $G''/G'$  ( $\tan \delta$ ) para ninguna de las masas elaboradas con ambos tipos de variedades.

Como queda en evidencia al observar los valores de la  $\tan \delta$  (Figura 4 b), la menor relación entre  $G''$  y  $G'$  se obtuvo con la adición de DATEM, lo que indica la formación de una masa más elástica. Estos resultados concuerdan con el incremento observado en la estabilidad farinográfica (Figura 2). En el caso de KE (barras azules), mostró el menor valor con DATEM indicando que formó una masa más elástica que la de BP. En ambas harinas, la menor  $\tan \delta$  se encontró con la adición de DATEM.

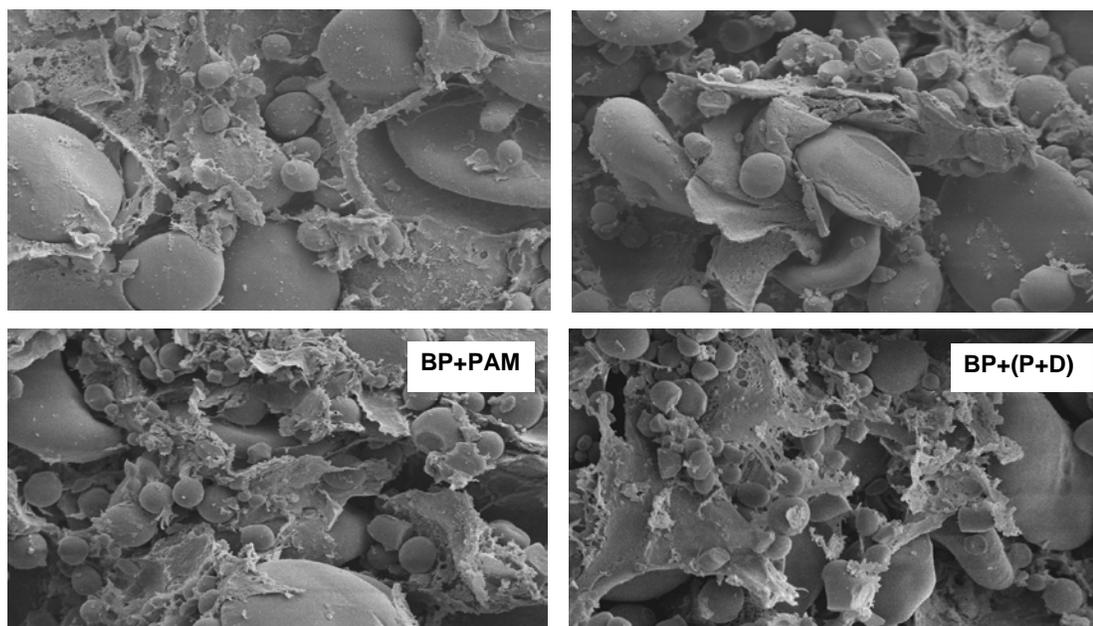


**Figura 4.** a) Módulo elástico,  $G'$  (0.1 Hz), b)  $\tan \delta$  de diferentes masas. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Barras rojas: BP, barras azules: KE. Las barras en las columnas indican diferencias significativas en la misma harina, BP o KE (Test de Fisher,  $P < 0.05$ ). Ponzio y col. (2010).

#### 1.4- Microestructura de masas

Es esperable que diferencias en el comportamiento reológico de la masa tengan una correspondencia con variaciones microestructurales de la misma. Al analizar las masas a través de SEM se visualiza la estructura del gluten con los gránulos de almidón incluidos en la red. Es en BP donde el análisis SEM permite visualizar más claramente algunas de las diferencias provocadas por los aditivos en la red de gluten

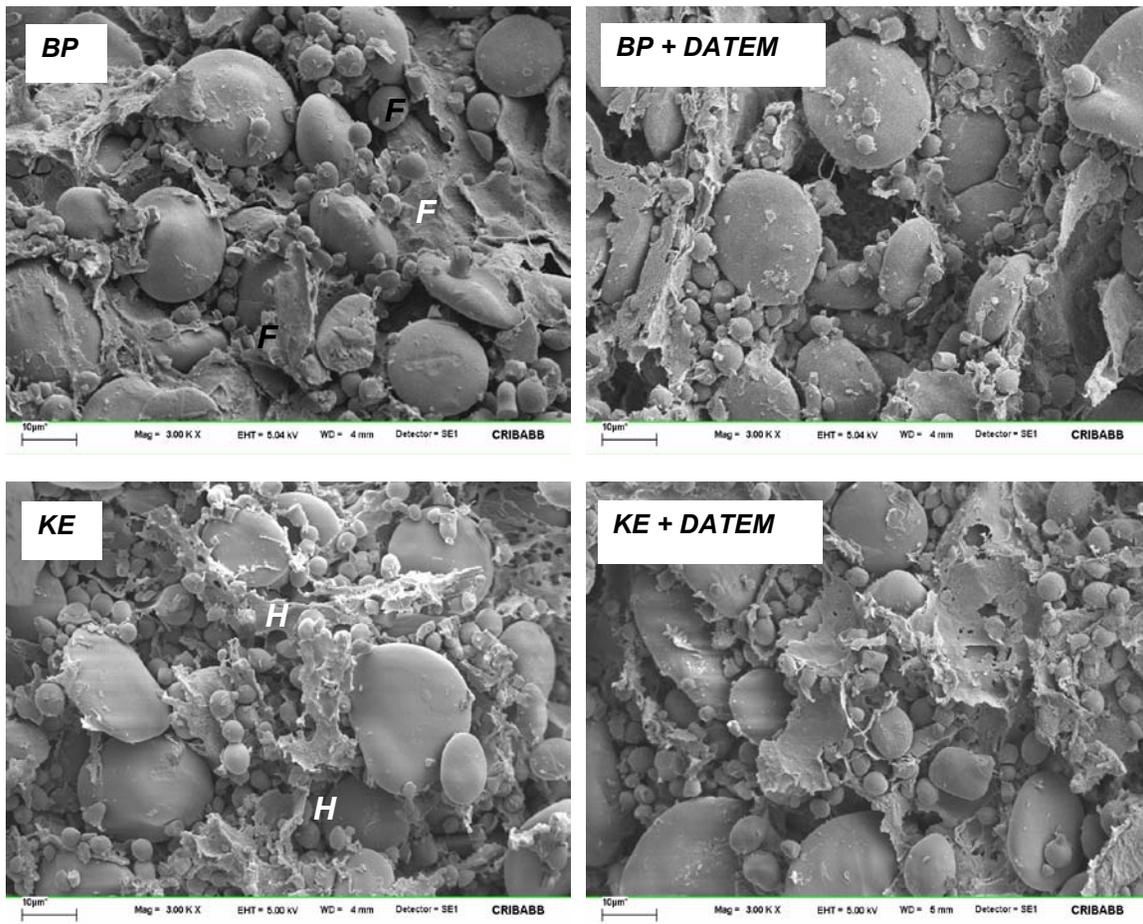
(Figura 5). Se puede observar que las masas preparadas con DATEM, solo o mezclado con la pectina, presentaron las redes de gluten más homogéneas.



**Figura 5. SEM de masa de BP sin aditivos (BP), con PAM (PAM), con DATEM (DATEM) y con PAM+DATEM (P+D). Bar = 10µm.**

Con la finalidad de comparar el efecto de los aditivos en la estructura de las masas de ambas harinas varietales, BP y KE, se muestran en la Figura 6 sólo las micrográficas correspondientes a las masas preparadas con DATEM. La masa BP parece exhibir una red más continua de gluten con ciertas zonas semejando un film (F). En cambio la red de KE parece ser más filamentosa y discontinua. El DATEM parece alterar muy ligeramente la red del gluten de BP mientras que en KE formaría una matriz menos

filamentosa. La adición de PAM no mostró efectos claros en la microestructura de las masas (datos no mostrados).



**Figura 6. SEM de masas de harinas de BP y KE sin y con DATEM y la barra = 10µm. F= film de gluten; H= hebra de gluten.**

## **2- Panificación**

### **2.1- Calidad de las piezas panarias**

#### **2.1.1- Descriptores físicos**

*Uno de los principales atributos deseados en calidad panadera es lograr el más alto volumen específico; si éste se relaciona con una miga esponjosa y suave el pan logrado es de mejor calidad. Si además se busca una determinada forma en la pieza panaria se deberá buscar una baja relación ancho/alto, dado que una alta relación entre estos parámetros da como resultado panes expandidos y chatos.*

*El volumen/pieza es una medida absoluta de volumen, es decir, no tiene en cuenta la masa de la pieza, si embargo se observaron diferencias en este parámetro. BP mostró un aumento sólo con la adición de P+D, en tanto que todos los panes de KE aditivados mejoraron su volumen /pieza respecto del control (Figura 7 a).*

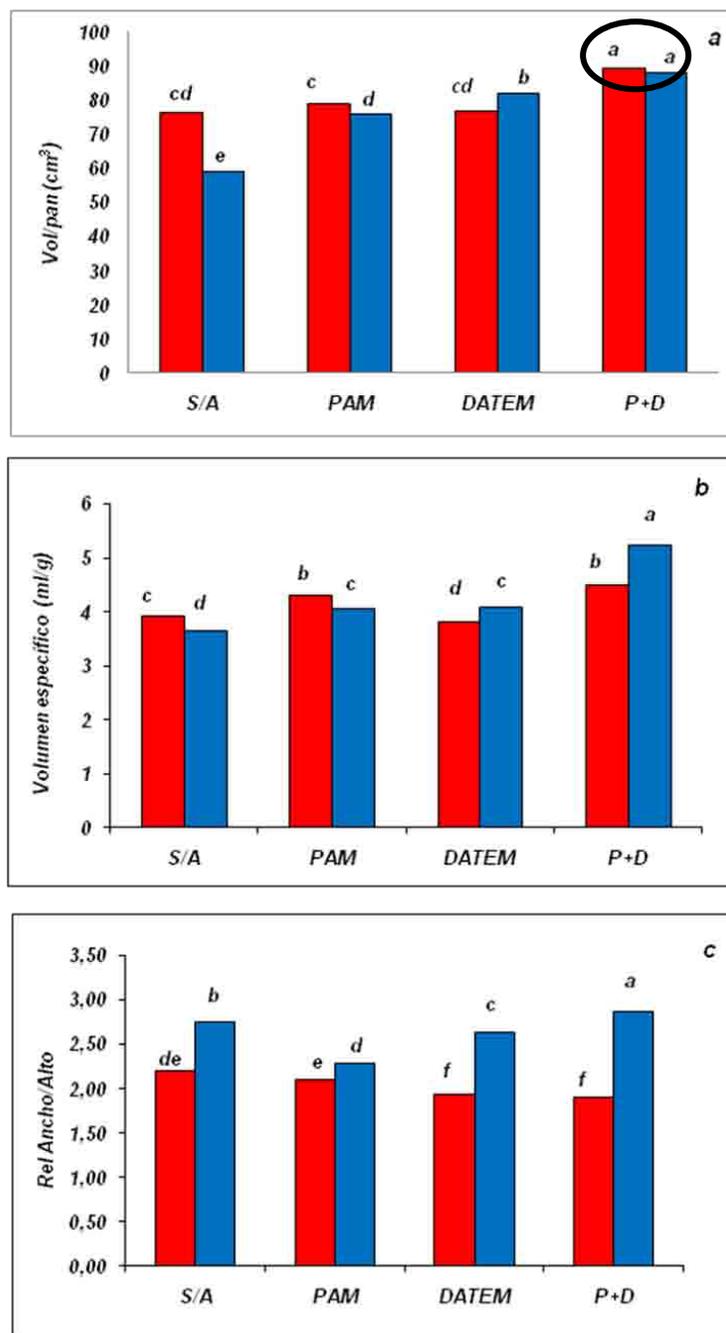
*El volumen específico (VE) tiene en cuenta el peso de la pieza. En todos los casos se trató de minimizar las variaciones del peso por pieza en crudo. Teniendo en cuenta la variable peso de pieza, los valores de VE presentaron aún mayores diferencias significativas entre las diferentes muestras (Figura 7 b). Ambas harinas lograron igual o mayor VE con los aditivos. La pectina aumento el VE de los panes en ambas harinas, en concordancia con los resultados obtenidos por Rosell y col. (2001) con otros hidrocoloides. El mejor volumen de pan se obtuvo con la incorporación de P+D. Los panes BP disminuyeron su relación ancho/alto con la incorporación de DATEM (DATEM o P+D), indicando un efecto positivo: piezas de pan menos planas (Figura 7 c). En el caso de KE, una disminución de la relación de forma se observó sólo con pectina.*

*El DATEM es un surfactante que puede interactuar con los componentes grasos de la harina, proteínas y almidón. Los residuos aniónicos del DATEM pueden neutralizar los residuos catiónicos de las proteínas del gluten, disminuyendo la carga neta y*

*favoreciendo la aglutinación del gluten. Este efecto de DATEM tiende a estabilizar y reforzar la estructura del gluten con la mejora de la retención de gas (Kohler, 2001). Sin embargo, resultados publicados por otros autores muestran efectos controversiales en la calidad panadera. Xiujin y col. (2007) encontraron una mejora en la relación de forma (Alto/Diámetro) de panes chinos adicionados con DATEM, pero no observaron cambios positivos en el volumen específico. Aamodt y col. (2005) encontraron un efecto positivo del DATEM en la facilidad en el laminado y en la relación de forma de panes hechos con harinas fuertes y muy fuertes (HMW-GS: 5+10 y Glu-1, score de calidad: 9), similar a una de las utilizadas en este trabajo. Sin embargo, estos autores no encontraron el mismo efecto usando variedades menos fuertes (HMW-GS: 2+12 y Glu-1, score de calidad: 6).*

*Nuestros resultados muestran que a pesar del efecto debilitante de la pectina en la masa (Bárcenas y col., 2009), la mezcla de este hidrocoloide con el DATEM puede tener mejor efecto que el DATEM solo, dependiendo del tipo de harina varietal.*

*En todos los parámetros físicos evaluados de las piezas panarias se halló interacción variedad x aditivo significativa, manteniéndose, de esta manera, las diferencias de comportamiento de las harinas varietales con estos aditivos, también en panificación.*



**Figura 7. Variación en algunos descriptores físicos de los panes: Vol/pan, (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , m ds 2, 8, a), volumen específico (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , m ds 0, 2, b) y relación de forma (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , mds 0,10, c) de los panes. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Barras rojas: BP, barras azules: KE. Las letras sobre las columnas indican diferencias significativas en la interacción (Test de Fisher,  $P < 0.05$ ). Ponzio y col. (2010).**

### **2.1.2- Textura de las piezas panarias**

Las diferencias detectadas en el volumen de pan están directamente relacionadas con la estructura de la miga. Con la variedad BP se obtuvo una miga con un diámetro de alvéolo grande y una estructura uniforme (Capítulo IV) (Ponzio y col., 2008). La dureza de la miga fue diferente para los dos panes control (S/A). A diferencia de lo que se esperaba, este parámetro fue superior en BP en comparación con KE. El efecto de la incorporación de DATEM fue también diferente para ambas harinas (Figura 8 a). El DATEM aumentó la dureza de la miga KE, pero disminuyó la de BP. La adición de PAM o P+D disminuyó este parámetro en ambos variedades.

La fuerza necesaria para romper la corteza de pan indica el grado de crocancia, considerado como un atributo deseable en algunos tipos de productos panificados. Los panes BP presentaron mayores valores de fuerza que KE y la PAM fue el único aditivo que aumentó significativamente este parámetro (Figura 8 b). Por otro lado, ninguno de los aditivos modificó marcadamente este atributo en los panes KE. El aumento de la crocancia observado por la acción de PAM podría estar relacionado al comportamiento hidrofílico del hidrocoloide que evita la migración de agua desde la miga hacia la corteza. Un efecto opuesto se observó con DATEM; que disminuyó significativamente la textura de la corteza de los panes BP, mientras no modificó este atributo en KE.

Por otra parte, también resulta relevante el tiempo que insume el test de ruptura para romper la corteza. Mayor tiempo de ruptura indica corteza más elástica, más gomosa, como se observó en KE (Capítulo IV). Los aditivos no afectaron en gran medida el tiempo de ruptura de KE (Figura 8 c). En cambio PAM y DATEM disminuyeron significativamente el tiempo de ruptura de BP, indicando una corteza menos elástica y menos gomosa.

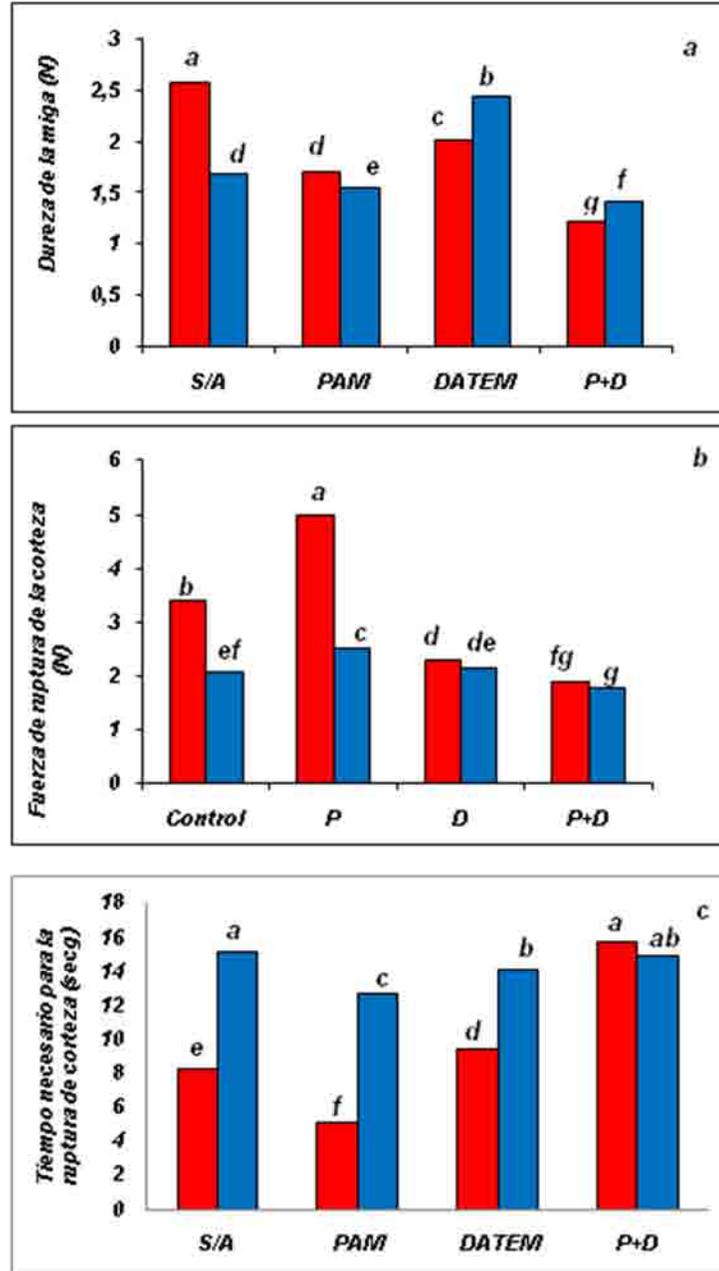


Figura 8. Variación en la Dureza de la Miga (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , mds 0,06, a), Fuerza de ruptura de corteza (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , mds 0,22, b), Tiempo de ruptura de corteza (Interacción var x adit,  $p < 0,0001$ , mds 0,85, c) de los panes. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Barras rojas: BP, barras azules: KE. Las letras sobre las columnas indican diferencias significativas en la interacción (Test de Fisher,  $P < 0.05$ ). Ponzio y col. (2010).

### 2.1.3- Color de los panes

Otro parámetro importante de calidad panadera es el color de la corteza. Xiujin y col. (2007) estudiaron el efecto del DATEM en bajas concentraciones en el color de los panes. Sus resultados mostraron que el color de la corteza mejoró con el agregado de este emulsificante. En nuestro caso todos los aditivos disminuyeron la luminosidad (L) en BP, mientras que en KE sólo los panes con DATEM y la mezcla de ambos, aumentaron este parámetro (Tabla 3). Valores positivos de los parámetros a y b están relacionados con la mayor proporción de coloración roja y amarilla, respectivamente. Los panes BP aumentaron su coloración rojo-amarillenta con todos los aditivos, especialmente con PAM; mientras que para KE se observó una variación aleatoria (Tabla 3). Aunque no se muestra, para todos los parámetros que conforman la determinación de color, se registró interacción variedad x aditivo significativa ( $p < 0,0001$ ) que se puede relacionar con la diferencia de color de las harinas (Capítulo IV) y su respuesta diferente a la presencia de aditivos.

**Tabla 3. Parámetros de color: L, a y b de corteza de panes. S/A: sin aditivos, PAM: con pectina, DATEM: con emulsificante, P+D: con la mezcla pectina+emulsificante. Letras diferentes en la misma variedad indican diferencias significativas (Test de Fisher,  $P < 0,05$ ). msd: mínima diferencia significativa.**

	BP			KE		
	L	a	b	L	a	b
S/A	81,32 a	0,23 c	22,49 c	73,16 b	4,17 ab	32,80 a
PAM	74,78 c	4,95 a	29,57 ab	73,19 b	4,32 a	29,15 c
DATEM	77,21 b	3,42 b	28,60 b	74,16 ab	3,75 ab	31,75 ab
P+D	75,50 c	3,92 b	30,32 a	74,61 a	3,42 b	30,43 bc
msd	1,19	0,73	1,34	1,19	0,85	1,35

### **3- Conclusiones parciales**

- *Las variedades presentaron un comportamiento diferencial, tanto en masas como en panes, con interacción variedad x aditivo significativa.*
- *Los aditivos tuvieron una marcada influencia positiva en KE y en general nula o negativa en algunos parámetros en BP.*
- *El volumen de los panes KE aumentó con la incorporación de los aditivos.*
- *El DATEM, en general, mostró una tendencia a mejorar la elasticidad y estructura de las masas en ambas variedades y, en presencia de hidrocoloide, disminuyó la dureza de la miga.*
- *La pectina aumentó la crocancia y mejoró el color en BP.*
- *Se deben usar distintos aditivos para mejorar las características del pan de acuerdo a las harinas varietales usadas.*
- *Debieran usarse diferentes mezclas de harina varietales-mezclas de aditivos acorde a la calidad de la materia prima y al tipo de producto que se desea obtener.*

## *CAPITULO VI*

### ***EFECTO DE ADITIVOS EN MEZCLAS DE HARINAS VARIETALES***



## **1- Propiedades reológicas de las mezclas**

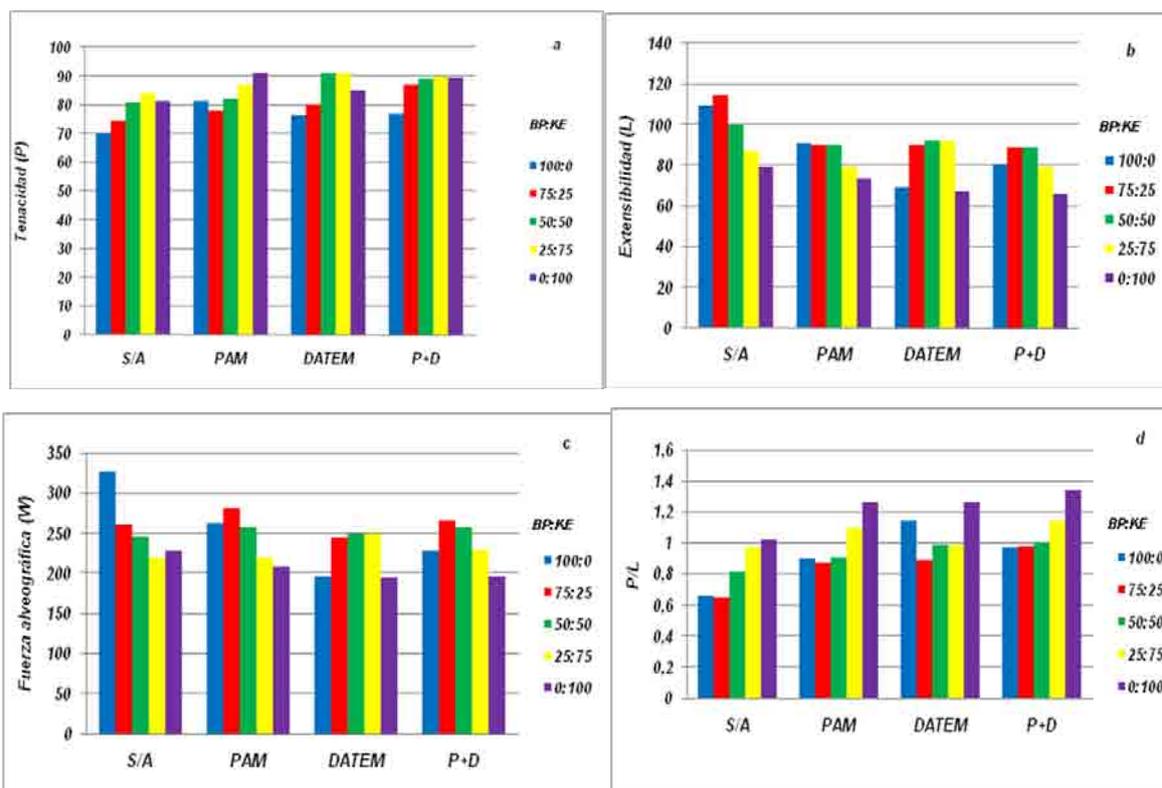
### **1.1- Influencia de los aditivos en los parámetros alveográficos**

Las harinas varietales puras y sus mezclas presentaron un comportamiento reológico diferente, tal como se vio en el Capítulo IV. La Tenacidad (P), se incrementó a medida que aumentó la participación de KE en la mezcla (Figura 1 a, S/A). Este comportamiento, que parecería un contrasentido, dada la calidad ya establecida de ambas variedades, no contradice la valoración de las mismas, como puede deducirse de los valores de la fuerza alveográfica W (Figura 1 c).

Aamodt y col. (2003) estudiaron el efecto de niveles fijos de DATEM (0,45%) en parámetros reológicos de masa y encontraron que el DATEM reforzó la masa. Aunque la dosis utilizada en este trabajo fue mayor, ese efecto puede observarse claramente a partir de la mezcla 50:50 (Figura 1 a).

La mayor expresión de la Tenacidad (P) se logró con PAM en KE pura (Figura 1 a). En el caso de DATEM, su influencia recién se hizo significativa a partir de la mezcla 50:50 (Figura 1a). La mezcla de ambos aditivos (P+D) ejerció una mejora significativa en P, a partir de la inclusión de KE en la mezcla. Todos los aditivos no sólo mejoraron la performance de KE, como se observó en el Capítulo V, sino también el de las mezclas y en mayor proporción a medida que aumentó la participación de KE en las mismas. El mayor efecto se obtuvo con P+D. Además BP no alteraba mayormente su Tenacidad en presencia de aditivos, datos no mostrados (Capítulo V, Figura 1 a).

En general, se observó una tendencia inversa en Extensibilidad, L (Figura 1 b), que tendió a disminuir con el agregado de aditivos. Las diferencias en Extensibilidad observadas en las variedades puras y sus mezclas sin aditivos (Capítulo IV) y en las variedades puras con aditivos (Capítulo V) dio como resultado que los mismos, solos o combinados, disminuyeron este parámetro con intensidad variable en las mezclas. Esta disminución resultó dependiente de la participación de KE en la mezcla.



**Figura 1.** Harinas puras y mezclas, sin aditivos (S/A), con PAM, con DATEM, con la mezcla de ambos aditivos (P+D). a) Tenacidad (P) (desv. est. prom.: 3,05), b) Extensibilidad (E) (desv. est. prom.: 7,64), c) Fuerza alveográfica (W) (desv. est. prom.: 12,06), d) P/L (desv. est. prom.: 1,90).

En conclusión, las masas S/A se hacen más tenaces (aumenta P, Figura 1 a) y menos extensibles (disminuye L, Figura 1 b) con el agregado de KE. El agregado de aditivos tiende a aumentar la Tenacidad. Sobre la Extensibilidad el efecto es variable según la proporción de KE en la mezcla y el tipo de aditivo.

La Fuerza Alveográfica (W) no presentó grandes variaciones al agregar aditivos a las mezclas de BP: KE. No obstante se destaca el efecto producido en la mezcla 75:25 por PAM y P+D, observándose un incremento de W. Por otro lado, DATEM aumentó el W de la mezcla 25:75 respecto del W de S/A (Figura 1 c).

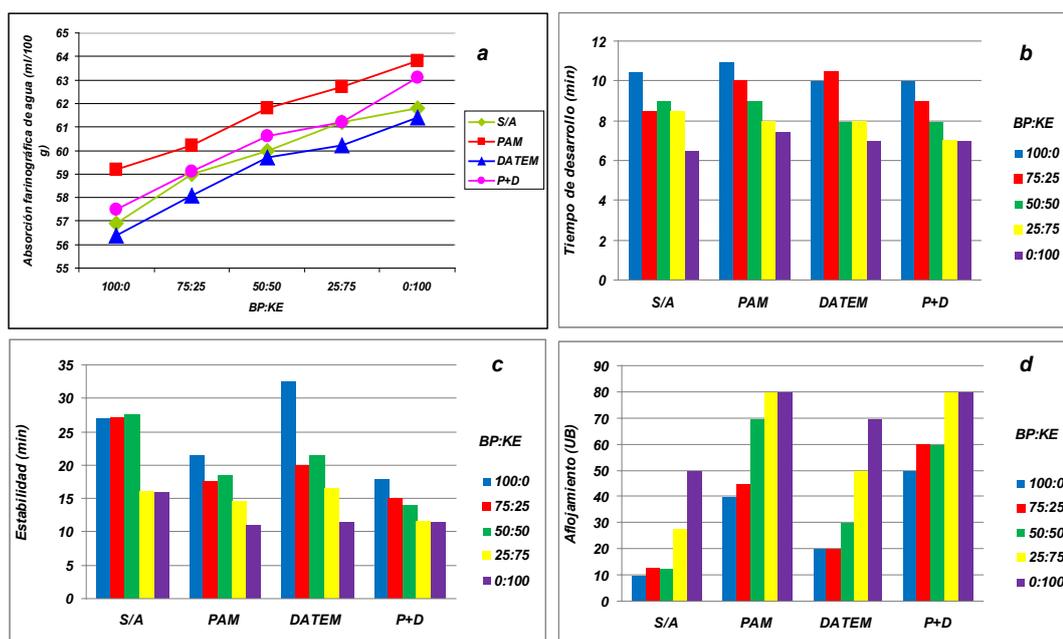
La relación P/L aumentó en todos los casos dando harinas más equilibradas (valores cercanos a 1, buscado para panificación directa, De Sá Souza, 2009) por efecto de los aditivos (Figura 1 d). En las harinas puras y sus mezclas sólo KE alcanzó una relación P/L ligeramente mayor a 1, ampliamente requerida para panificación directa de tiempo corto (De Sá Souza, 2009). En presencia de aditivos

esta relación se incrementó notablemente para KE y en menor medida para BP y las mezclas, alcanzando el valor de alrededor de 1 sólo en la mezcla 25:75 con PAM y P+D (Figura 1 d). Como ya se observó en el Capítulo V, se destaca un efecto positivo que aportaron los aditivos a KE; pero a la vez es evidente que BP, aún con baja participación en la mezcla (25%), debido quizá a una menor interacción con los aditivos, ejerce influencia sobre la respuesta reológica de las mezclas a los aditivos.

### **1.2- Influencia de los aditivos en los parámetros farinográficos**

La absorción de agua farinográfica de las mezclas, como se observó en el Capítulo IV, aumentó con la mayor participación de KE en la mezcla. El agregado de hidrocoloide en este caso PAM, generó, como era de esperarse, un incremento discreto en la absorción de agua, entre 1,5-2,5 ml H<sub>2</sub>O/100 g harina, coincidente con lo obtenido por Linlaud y col. (2009). El DATEM disminuyó levemente los niveles de absorción de agua y la presencia de ambos (P+D) generó valores intermedios (Figura 2 a). Se sabe que el agregado de hidrocoloides puede afectar las características de la masa en dos formas diferentes debido a sus estructuras y afinidad con el agua (Gliksman, 1982), aumentando la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia óptima de la masa e interactuando en forma diferencial con los diferentes macropolímeros de la harina: proteínas y almidón (Collar y col., 1999; Rosell y col., 2001; Guarda y col., 2004; Ribotta y col., 2005; Lazaridou y col., 2007).

El Tiempo de desarrollo (Figura 2 b) presentó, a grandes rasgos, la tendencia observada en el Capítulo IV por harinas puras y sus mezclas. Sólo PAM incrementó el Tiempo de Desarrollo, fenómeno también observado por Linlaud y col. (2009), trabajando con harina comercial. El DATEM afectó en mayor medida a las mezclas con mayor proporción de BP (75:25), mientras que con la mezcla de ambos aditivos se obtuvo un patrón similar al observado por Linlaud y col. (2009), presentado para harina comercial con PAM, pero con valores menores.



**Figura 2. Harinas puras y mezclas, sin aditivos (S/A), con PAM, con DATEM, con la mezcla de ambos aditivos (P+D). a) Absorción de agua, b) Tiempo de desarrollo, c) Estabilidad, d) Aflojamiento. Valores de Tolerancia según Tabla 1 Capítulo III.**

Como habíamos observado en el Capítulo IV, la Estabilidad farinográfica, en S/A, se mantuvo sin cambios hasta que la proporción de KE resultó mayor al 50% (Figura 2 c). Un efecto similar fue informado por Aamodt y col. (2003). El efecto depresor de PAM en la Estabilidad se observó en mayor grado en BP y las mezclas hasta 50:50. En presencia de DATEM las mezclas presentaron valores intermedios de estabilidad, respecto de las harinas puras. Dejando de lado el efecto promotor de DATEM para BP, se observa, en líneas generales, que ambos aditivos por separado y especialmente la mezcla de ambos, disminuyeron la estabilidad de la masa (Figura 2 c). Estos resultados también coinciden con los de Linlaud y col. (2009).

En el Aflojamiento de la masa, se observó claramente la influencia de KE (Figura 2 d) y el patrón que oportunamente analizáramos en el Capítulo IV se repite, incrementado en forma notoria al adicionar el hidrocoloide. La mezcla P+D presentó un comportamiento más cercano al de la pectina, indicando un predominio del hidrocoloide en la mezcla de aditivos.

### 1.3- Textura de masas

*El comportamiento textural de las masas se muestra en la Figura 3. Todas las variables analizadas presentaron diferencia significativa ( $p < 0,0001$ ) en la interacción Variedad-Mezcla y aditivo Test de Fisher,  $\alpha = 0,05$ . Se observa que el aumento en la proporción de KE disminuyó la Dureza de las masas, de acuerdo a su proporción en las mezclas (Capítulo IV). El efecto esperado de PAM, ablandamiento de la masa, se observó en BP pero no en KE. El hecho de que este polisacárido es más flexible y de menor peso molecular que otros (Linlaud y col., 2009) permite inferir la posibilidad de una interacción distinta con glútenes de diferente composición debido al patrón de proteínas de reserva propio de las harinas varietales utilizadas.*

*Por otra parte los aditivos, separados o en mezcla alteraron la Dureza de las masas (Figura 3 a) en proporción inversa que en las mezcla sin aditivos. A medida que aumentó la participación de KE en la mezcla, los aditivos contribuyeron en general, a aumentar la Dureza.*

*Xiujin y col (2007) observaron en base a sus resultados, un efecto complejo del DATEM sobre las propiedades reológicas de las masas. Estos investigadores informaron una disminución de la absorción de agua de la masa para pan chino (Chinese Steam Bread, CSB) en comparación con la de la masa pan, en la que dicho parámetro aumentó. La retención de gas, la fuerza y estructura de gluten mejoraron en presencia de DATEM. También lo hicieron la elasticidad, tenacidad y blancura, aunque no detectaron cambios en el volumen de pan.*

*Un aumento de dureza de masas del tipo KE, resulta importante a la hora de trabajar industrialmente estas harinas débiles, tiene pros y contra: facilidad de manipulación en la formación de piezas panarias y mayor consumo de energía, respectivamente.*

*La Adhesividad, creciente en la medida que KE se incorporó a las mezclas, se incrementó en forma significativa por acción de los aditivos, solos o en mezcla, con excepción del DATEM para mezclas de harina con alta proporción de BP (Figura 3 b). La presencia de alta proporción de KE disminuyó la Consistencia de las masas, como se observó en el Capítulo IV, sin embargo PAM presentó efectos*

diferenciales en este parámetro según la mayor o menor participación de las harinas varietales en la mezcla (Figura 3 c). El DATEM resultó un promotor significativo de la consistencia, con altísimo efecto en KE; y la mezcla P+D tuvo efecto sólo con una participación de KE  $\geq 75\%$ .

La presencia de PAM eliminó las diferencias significativas observadas para la Cohesividad (Capítulo IV) y lo mismo podríamos generalizar respecto del DATEM con la excepción de la masa BP pura. La mezcla de ambos aditivos incrementó la Cohesividad respecto a S/A, salvo en el caso de KE puro, (Figura 3 d).

Tal y como se observó en el Capítulo V, los aditivos no cambiaron significativamente la Gomosidad de BP (Figura 3 e) o provocaron ligeros incrementos en la muestra 75:25. La presencia de KE en mayor proporción condicionó la respuesta al DATEM y a la mezcla de aditivos, observándose un incremento significativo en la gomosidad. Los aditivos ensayados, solos o en mezcla, atenuaron las diferencias registradas en Elasticidad de masas preparadas con las harinas puras y sus mezclas (Capítulo IV) (Figura 3 f).

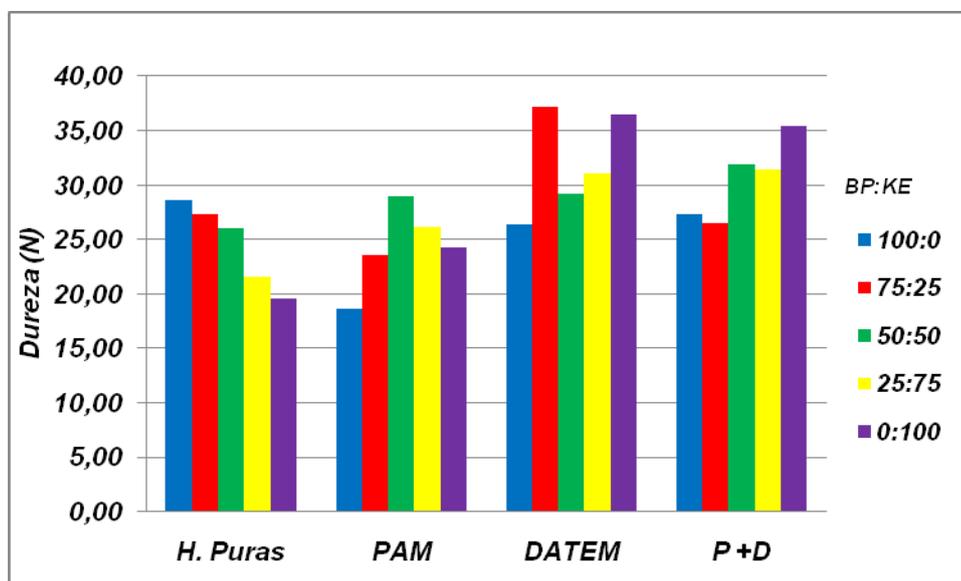


Figura 3 a . Variación en la Dureza (N) de la masa en harinas puras, sin aditivos (S/A) y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D), mds interacción BP:KE- Aditivo: 2,45,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

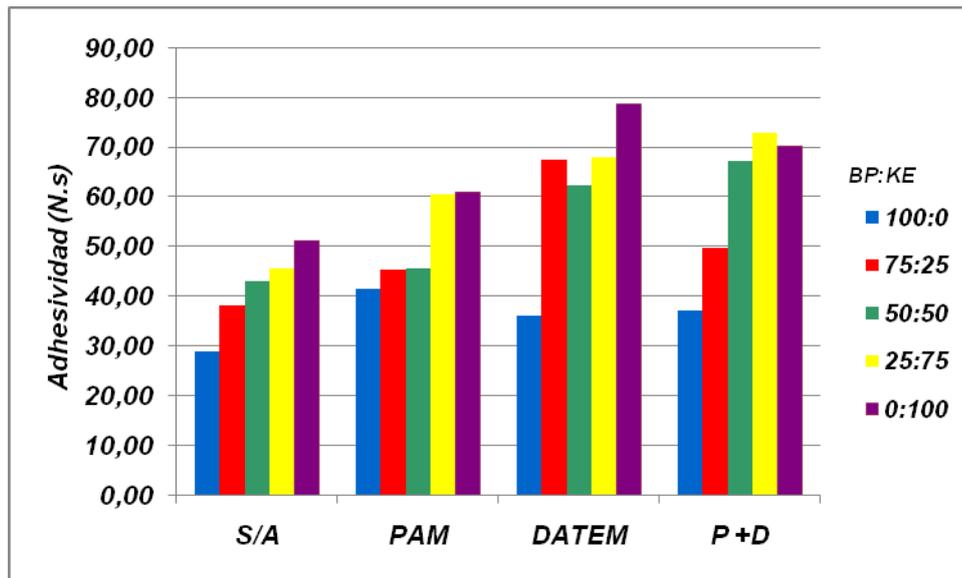


Figura 3 b. Variación en la Adhesividad de la masa en harinas puras, sin aditivos (S/A) y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). mds interacción BP:KE- Aditivo: 8,12,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

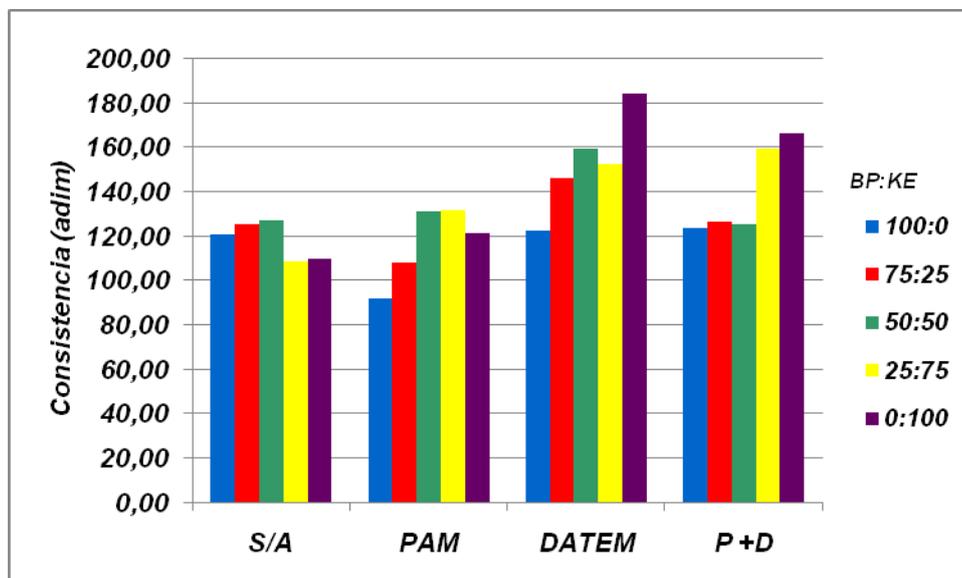


Figura 3 c. Variación en la Consistencia de la masa en harinas puras, sin aditivos (S/A) y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). mds interacción BP:KE- Aditivo: 9,65,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

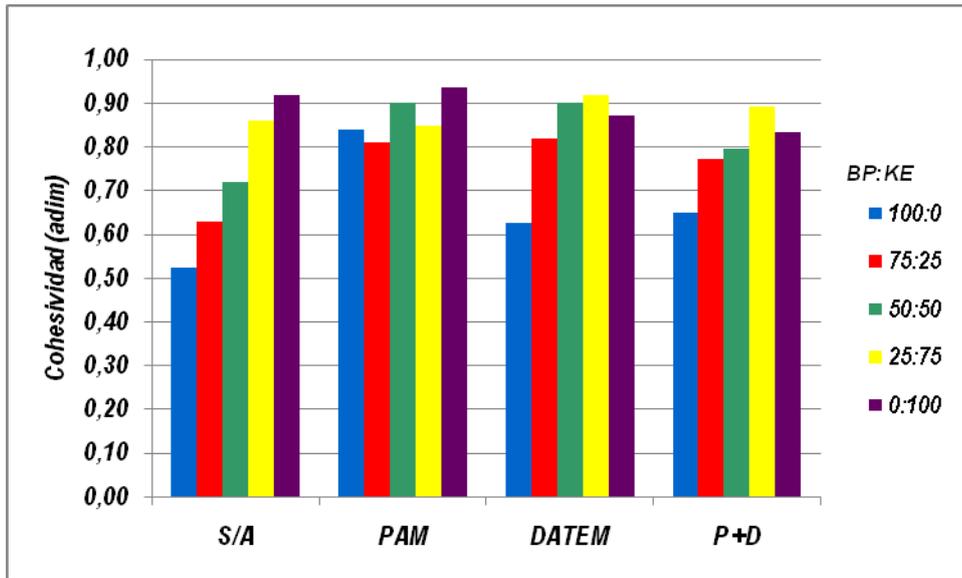


Figura 3 d. Variación en la Cohesividad de la masa en harinas puras, sin aditivos (S/A), y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos. mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,09,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

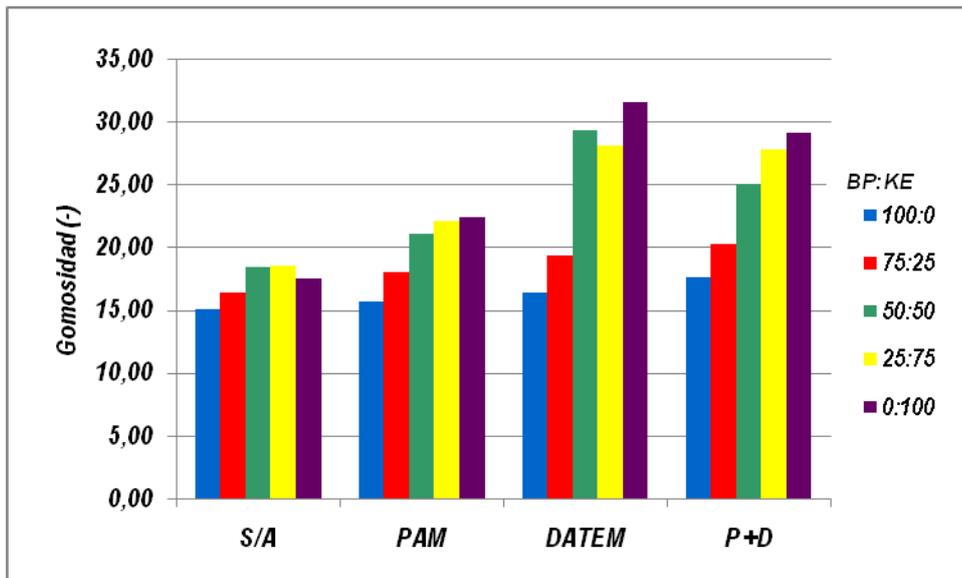


Figura 3 e. Variación en la Gomosidad de la masa en harinas puras, sin aditivos (S/A), y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). mds interacción BP:KE-Aditivo: 3,06,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

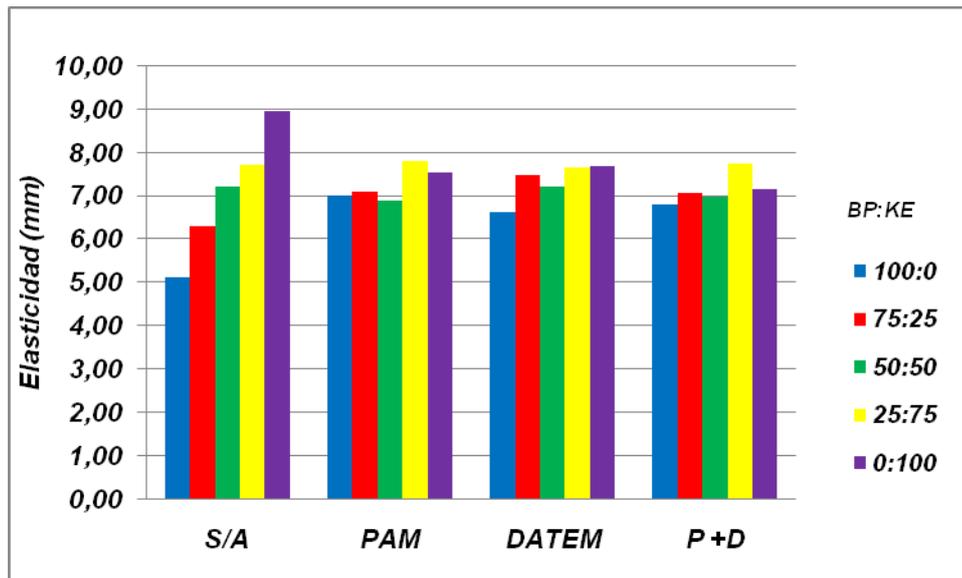
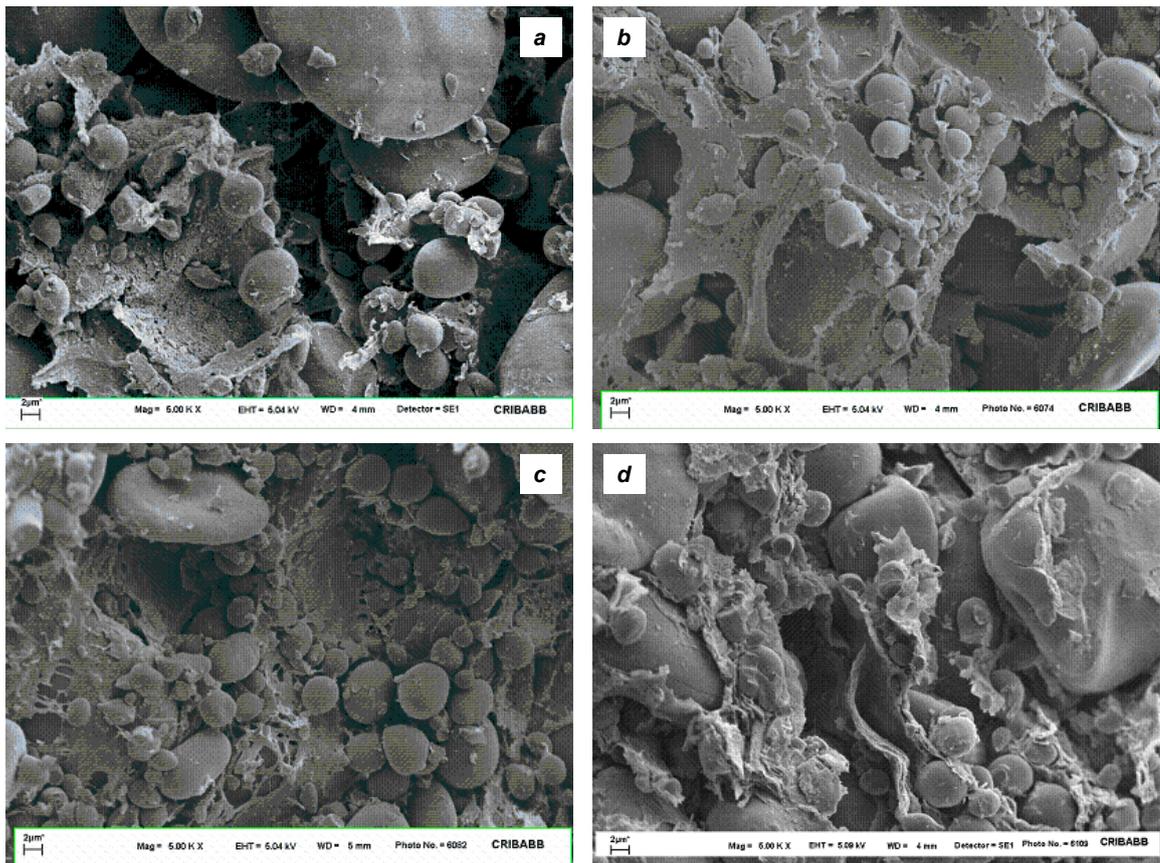


Figura 3 f. Variación en la Elasticidad de la masa en harinas puras, sin aditivos (S/A), y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,74,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

#### 1.4- Microestructura de masa

La Figura 4 muestra en las micrografías SEM, la estructura de una masa preparada con la mezcla 50:50 de harinas varietales en ausencia y presencia de los aditivos.



**Figura 4. Microfotografías SEM de masa preparada con la mezcla 50:50 de harinas varietales. a) S/A, b) con PAM, c) con DATEM y d) con P+D.**

*En todas las masas se observó la red de gluten envolviendo los gránulos de almidón. No es posible distinguir diferencias en el tipo de red de gluten, aunque podría atreverse a sugerir que la masa preparada con DATEM (Figura 4 c) presentó una matriz de gluten más homogénea que la del resto de las masas.*

## **2- Panificación**

### **2.1- Calidad de las piezas panarias**

#### **2.1.1- Descriptores físicos**

Todos los parámetros analizados mediante interacción doble Variedad-mezclas-aditivo presentaron  $p < 0,0001$  ( $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher), como ya hemos visto anteriormente y así se muestra en las figuras de este apartado. El parámetro volumen de pan es uno de los más importantes descriptores de la performance panadera. Como ya se había observado en el Capítulo IV, las harinas puras presentaron diferencias en el volumen/pieza y en el volumen específico (Figura 5 a, S/A). Todos los aditivos aumentaron significativamente el volumen/pieza (datos no mostrados) y el volumen específico (VE) de KE (barra violeta). En BP un mayor VE estuvo promovido con PAM y P+D. Los aditivos aumentaron significativamente el VE de los panes, especialmente para KE y la mezcla 25:75, y cuando ambos aditivos estuvieron presentes (Figura 5 a).

Por otra parte, el aspecto y forma de los panes también adquiere relevancia ya que es el primer contacto del consumidor con la pieza de pan. Como ya se observó en capítulos anteriores, la forma de los panes es altamente dependiente de la calidad de las harinas y de su participación porcentual en la mezcla, como así también de la respuesta diferencial de las harinas varietales a los aditivos.

Los descriptores de forma de los panes mostraron variaciones tanto en el alto como en el ancho. Todos los aditivos aumentaron la altura de los panes en mayor o menor proporción, especialmente para las mezclas (Figura 5 b).

La participación de KE resultó en panes más anchos (Capítulo IV). Es notable destacar el efecto promotor (hasta 50% BP) y a la vez uniformizador de PAM en este parámetro (Figura 5 c). Todas las mezclas dieron panes con aproximadamente el mismo ancho. El DATEM mantuvo una tendencia semejante a la de las harinas y mezclas sin aditivos. La combinación P+D, si bien incrementó el ancho de todas las piezas, resultó altamente significativo el efecto sobre KE.

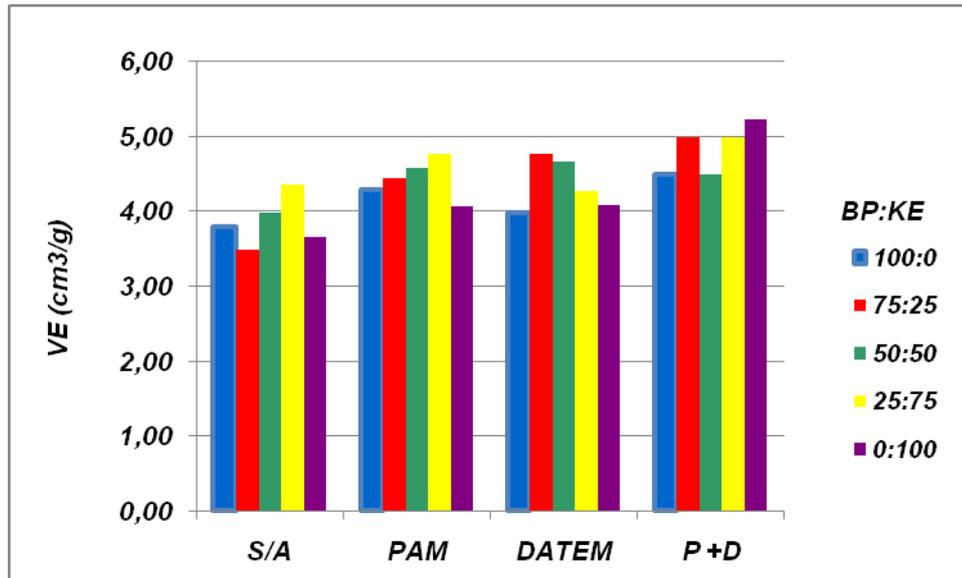


Figura 5 a. Variación del Volumen específico de las piezas panarias) en harinas puras y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,19,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

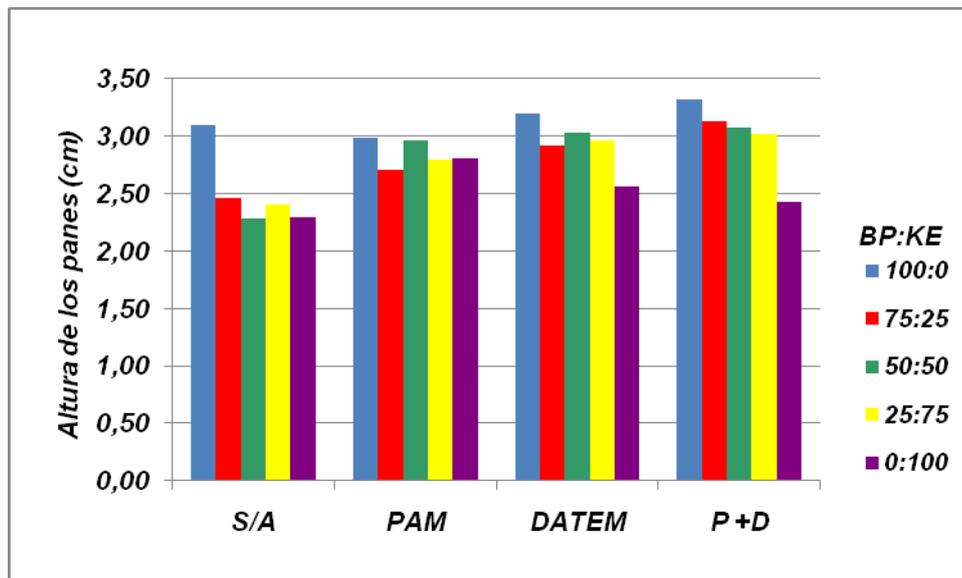


Figura 5 b. Variación en la altura de los panes (cm) en harinas puras y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,09,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

Las variaciones en el ancho y alto de los panes hizo que la relación de forma (ancho/alto) presentara un aumento en las mezclas sin aditivo, a medida que KE participaba en la mezcla (Figura 5 d, S/A).

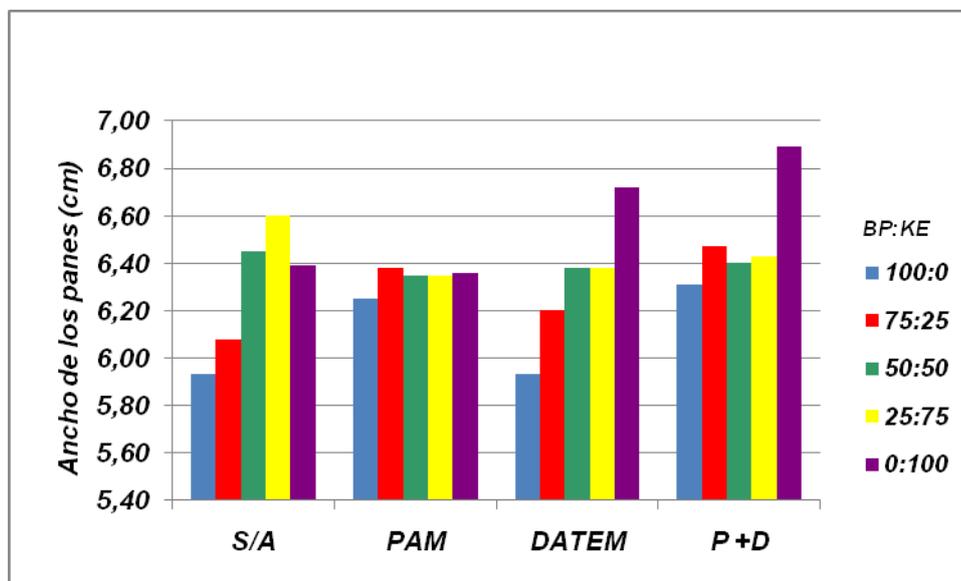


Figura 5 c. Variación en el ancho de los panes (cm) en harinas puras y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,11,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

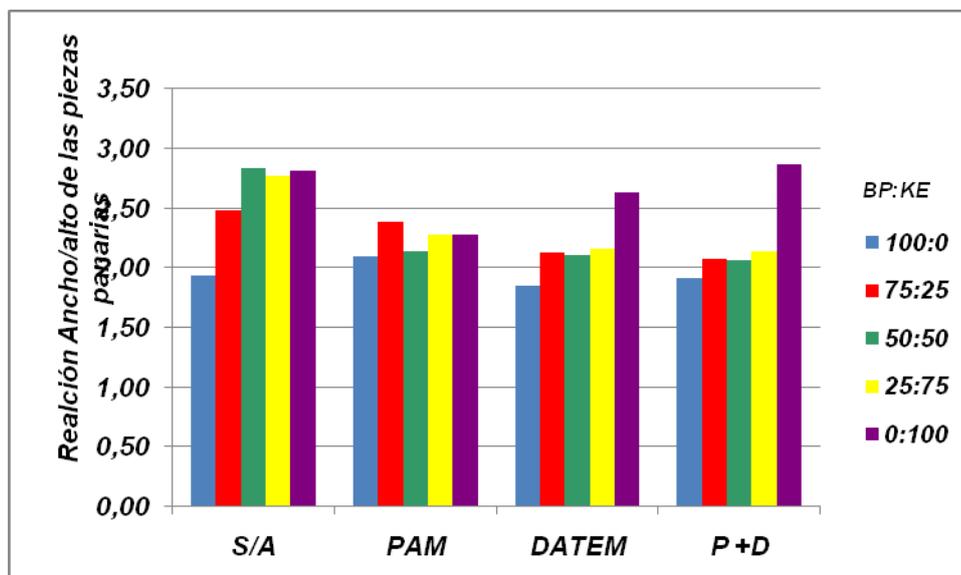


Figura 5 d. Variación en la relación Ancho/Alto de los panes en harinas puras y mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,10,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

Recordemos que la expansión en ancho se midió respecto de la masa cruda. Los menores valores de porcentaje de expansión en ancho fueron obtenidos por BP y las mezclas con mayor proporción de esta harina (Figura 5 e), mientras que la presencia de KE en proporción mayor al 50% incrementó la expansión en ancho, especialmente con el agregado de DATEM y P+D.

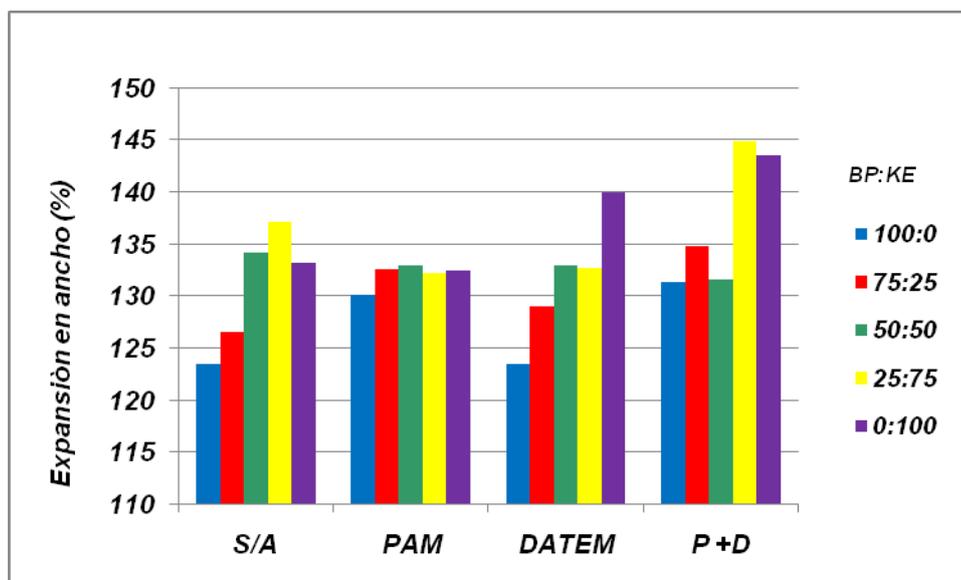
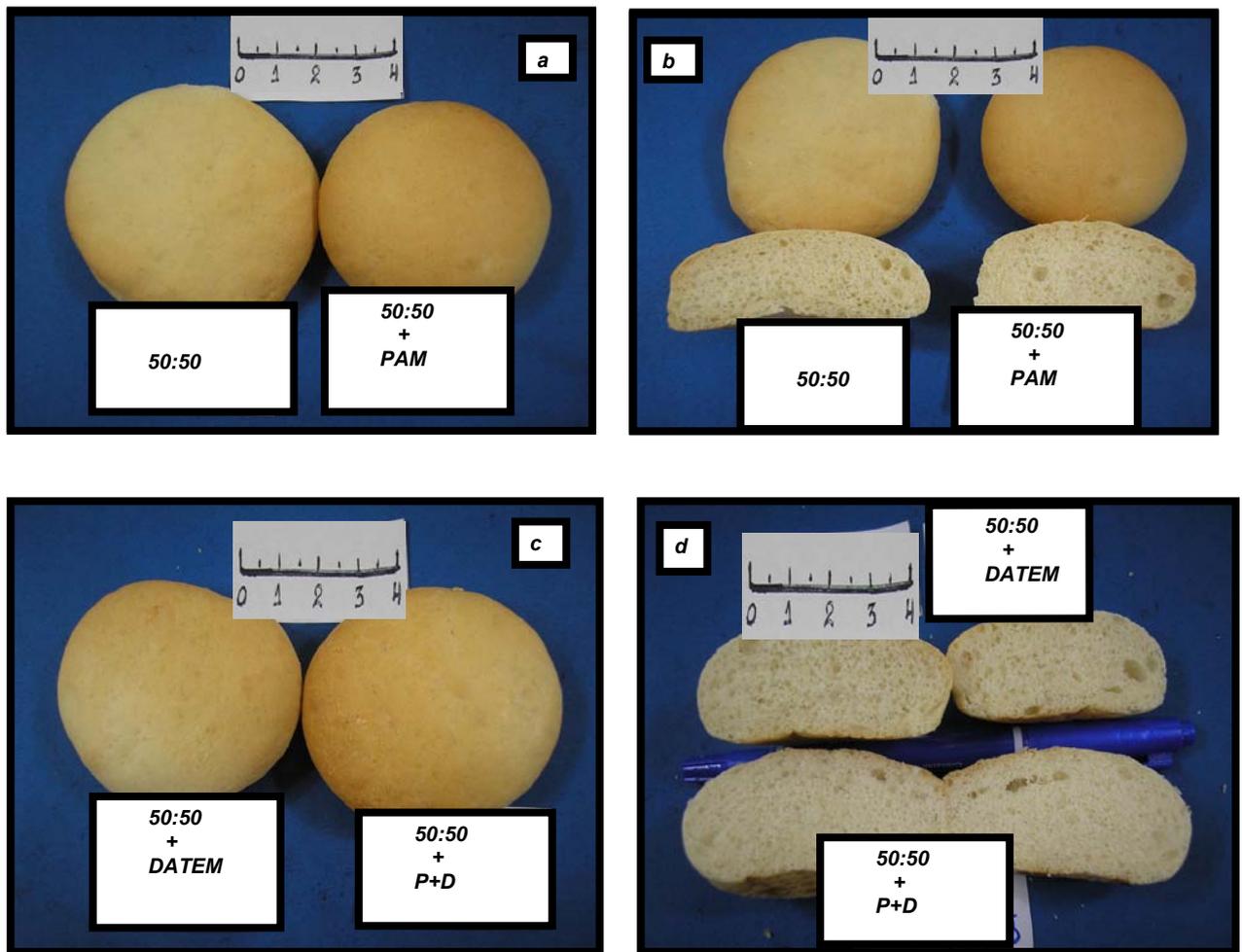


Figura 5 e. Variación de la Expansión en ancho (%) de las piezas panarias en harinas puras y sus mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds e interacción BP:KE-Aditivo: 2,35,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

La Figura 6 muestra fotografías de algunos de los panes obtenidos. En la Figura 6 a, (mezcla 50:50 + PAM) se observa la disminución del ancho del pan por efecto del hidrocoloide, en concordancia con la Figura 5 c, mientras que en la Figura 6 b aparecen los mismos panes más un corte sagital de las piezas, que permite visualizar diferencias en la altura y en el alveolado; mayor frecuencia de alvéolos grandes debidos al efecto del hidrocoloide. La adición de DATEM no aumentó el ancho de la pieza, pero sí P+D (Figura 6 c). La mezcla de aditivos aumentó no sólo el ancho sino también el alto de la pieza (Figura 6 c y d).



**Figura 6.** Piezas de pan de la mezcla 50:50 y con el agregado de PAM. a) pieza entera, b) pieza entera + corte sagital. Piezas de pan de la mezcla 50:50 con DATEM y con P+D: c) pieza entera, d) corte sagital.

## 2.1.2- Textura de las piezas panarias

### 2.1.2.1- Textura de la miga

El análisis textural de la miga mostró que sólo dos parámetros mostraron interacción doble significativa. La textura de la miga, parámetro importante en la elección de un pan por parte del consumidor, mostró que la Dureza de la miga fue elevada en las mezclas sin aditivos hasta llegar a 50:50, para luego decaer por la mayor proporción de KE, (Capítulo IV) (Figura 7, S/A). Lo mismo se observó con la consistencia (datos no mostrados). Los aditivos disminuyeron estos parámetros,

presentando la mezcla de ambos (P+D) la miga más blanda (Figura 7). Es importante destacar, que a pesar de esta disminución el DATEM aumentó la dureza de la miga cuanto mayor fue la participación de KE en la mezcla, mientras que PAM y P+D no produjeron cambios para las diferentes mezclas de harinas. Estos resultados sugieren un predominio del efecto de PAM en la mezcla P+D.

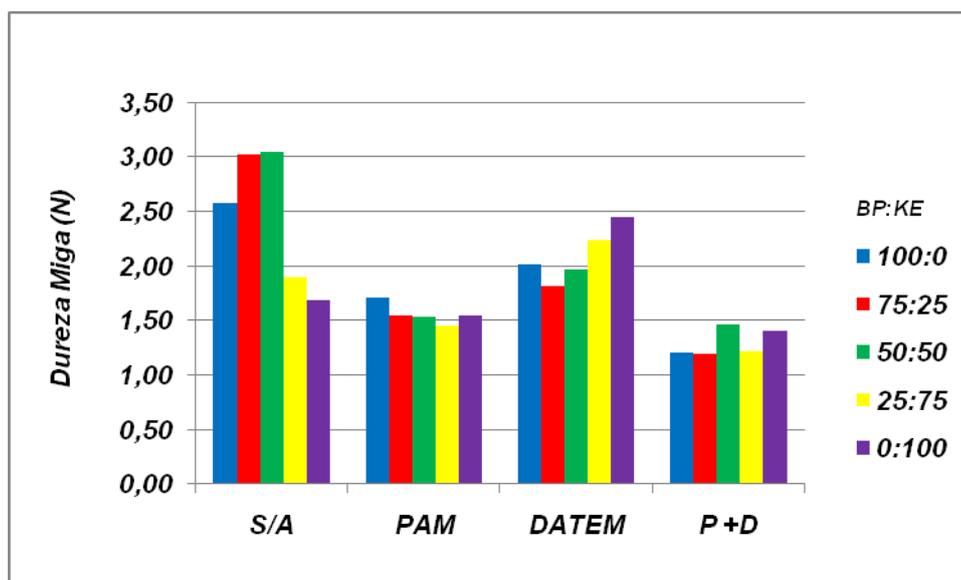


Figura 7. Variación de la Dureza de la miga en harinas puras y sus mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,15,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

Así como una miga blanda puede ser un objetivo panadero a lograr y en la mayoría de los casos lo es, en el caso de la corteza la mayor o menor dureza estará directamente vinculada al tipo de panificado que se busque y/o al criterio del consumidor, por lo que es sumamente importante conocer el efecto de los aditivos sobre la misma.

### **2.1.2.2- Dureza de la corteza**

*Al evaluar la textura de la corteza, las dos variables analizadas mostraron diferencias significativas en la interacción doble ( $p < 0,0001$ ). De acuerdo a la Figura 8 a, se vio que la fuerza necesaria para lograr la ruptura disminuyó en harinas puras y sus mezclas (Capítulo IV) (Figura 8 a, S/A), fenómeno directa y fuertemente asociado a la participación de KE en la mezcla. El mismo comportamiento se observó en panes con PAM, mientras que con DATEM y P+D, no se observaron diferencias significativas en la dureza de la corteza para las diferentes mezclas de harinas varietales.*

*Por otra parte el Tiempo de ruptura insumido en el ensayo de Punción también tuvo relación directa con la participación de KE, aún desde su mínima proporción, incrementándolo (Capítulo IV, Figura 8 b). Los aditivos, ya sea solos o en mezcla no lograron cambiar ese efecto, con excepción de DATEM en 25 y 50 % de BP (Figura 8 b). Esto se debería a que una corteza más crocante insume menor tiempo y cortezas más gomosas, como las de KE, toman más tiempo para el ensayo de ruptura, ya que primero se deforman y luego se rompen. El efecto varietal en la mezcla, en este caso la presencia de KE, es un factor a tener en cuenta en el panificado a lograr y sus características de corteza y que la presencia de aditivos no logró modificar. Panificados del tipo Viena (panes para hamburguesas, panes para pancho) se verían beneficiados de la presencia de KE, en cambio panes tradicionales (francés, baguette, mignon) en los que se espera desarrollo de corteza necesitarían harinas del tipo BP.*

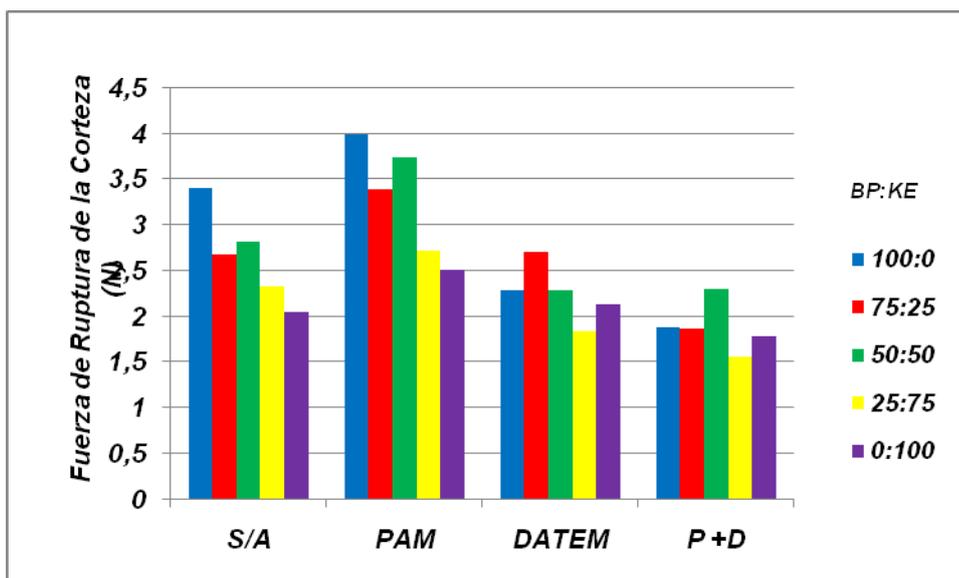


Figura 8 a. Variación de la Fuerza de ruptura de la corteza en harinas puras y sus mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds interacción BP:KE-Aditivo: 0,20,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

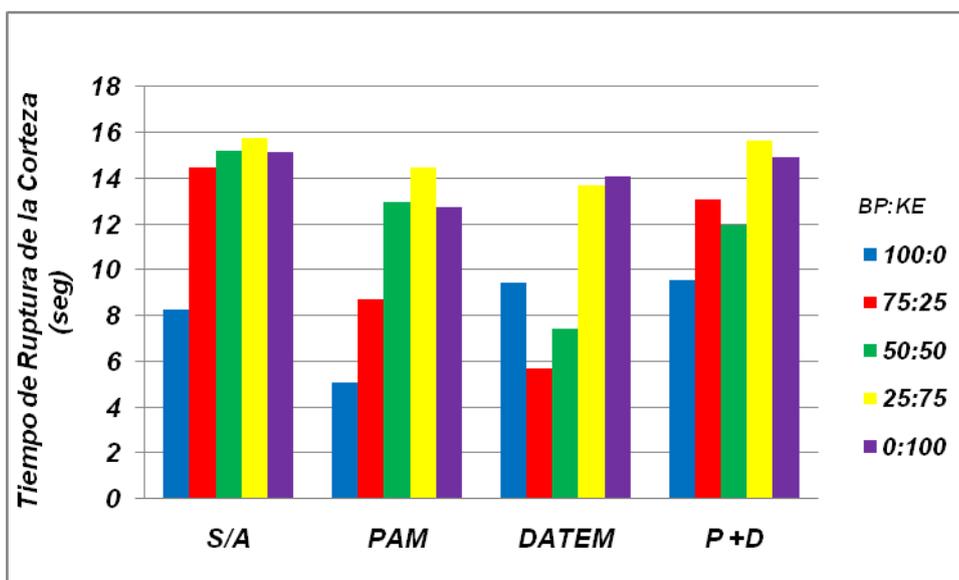


Figura 8 b. Variación del Tiempo de ruptura de la corteza en harinas puras y sus mezclas por efecto de PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D). Mds interacción BP:KE-Aditivo: 1,01,  $\alpha = 0,05$ , Test de Fisher.

### **3- Conclusiones parciales**

- *Se puede concluir que las harinas varietales presentan interacción variedad-mezcla-aditivo significativa en la mayoría de los parámetros estudiados, respondiendo en forma diferencial a la presencia de aditivos y que, en caso de ser mezcladas, la proporción de cada una de ellas en la mezcla es un fuerte determinante de su comportamiento reológico y panadero.*
- *Los aditivos no siempre mejoran el desempeño reológico y la calidad panadera de las harinas varietales y sus mezclas.*
- *La disminución en la estabilidad de la masa con la mezcla de aditivos es un indicador importante a tener en cuenta en el mezclado de variedades en molinería, especialmente si dichas mezclas van a ser aditivadas.*
- *Las variaciones de la textura de masa, miga y corteza, reflejan la importancia de estudiar el efecto de los aditivos (solos o combinados), sobre las mezclas de harinas varietales para definir la calidad del tipo de producto.*
- *Sería muy útil, para un uso más racional de aditivos, que los industriales incluyeran en sus protocolos de calidad no sólo datos de reología empírica y contenido de gluten, sino también recomendaciones sobre qué variedades deben componer una mezcla, y qué aditivos o combinación de aditivos resulta más adecuada para obtener el producto de mejor calidad.*

## *CAPÍTULO VII*

### ***ATRIBUTOS SENSORIALES DE LOS PANES***



### 1- Atributos sensoriales de los panes

Por simplicidad, el análisis sensorial se realizó sólo sobre los panes elaborados con variedades puras en ausencia y presencia de los aditivos.

Las tablas 1 y 2 muestran los valores asignados por los panelistas a los diferentes atributos evaluados.

Los resultados obtenidos y el análisis estadístico de cada atributo para los panes de BP se muestran en la Tabla 1. Se observa que la mayoría de las valoraciones en todos los atributos de BP estuvieron en el rango entre 5 y 7, considerado "aceptable" (ver Capítulo II, Materiales y Métodos) y que los aditivos o la mezcla de ellos no mejoró la valoración de los panes sin aditivos. Es destacable la disminución en la valoración obtenida en todos los parámetros en panes con hidrocoloide.

**Tabla 1. Buck Pronto. Aceptabilidad Global, Apariencia, Sabor, Textura de Miga y Textura de Corteza medidos a través de Escala hedónica, en panes con harina sin aditivos (S/A), con pectina de alto metoxilo (PAM), con monoglicérido esterificado con ácido diacetil tartárico (DATEM) y con la mezcla de ambos (P+D). mds: mínima diferencia significativa.**

<b>BP</b>	<b>Acept. Glob.</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Sabor</b>	<b>Text. Miga</b>	<b>Text. Cort.</b>
<b>S/A</b>	6,33 ab	7,02 a	6,21 a	6,39 a	6,46 a
<b>PAM</b>	5,70 b	5,28 c	4,97 b	5,38 b	4,99 b
<b>DATEM</b>	5,91 ab	5,36 c	5,67 ab	6,18 a	5,12 b
<b>P+D</b>	6,54 a	6,20 b	6,20 a	6,52 a	6,30 a
<b>mds</b>	0,51	0,53	0,66	0,52	0,57

En la Tabla 2 se puede apreciar el comportamiento de KE. Todos los aditivos mejoraron significativamente la valoración sensorial de casi todos los descriptores. La excepción correspondió a PAM en Sabor. DATEM y la mezcla de aditivos obtuvieron la valoración más alta de los consumidores, alcanzando valores similares a los de BP sin aditar (Tabla 1).

**Tabla 2. Klein Escudo. Aceptabilidad Global, Apariencia, Sabor, Textura de miga y Textura de corteza medidos a través de Escala hedónica. mds: mínima diferencia significativa.**

<b>KE</b>	<b>Acept. Glob.</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Sabor</b>	<b>Text. Miga</b>	<b>Text. Cort.</b>
<b>S/A</b>	4,36 c	4,69 b	4,57 c	4,04 c	4,28 b
<b>PAM</b>	5,76 b	6,90 a	<b>4,68 c</b>	6,24 b	6,18 a
<b>DATEM</b>	6,72 a	6,30 a	6,93 a	6,97 a	6,17 a
<b>P+D</b>	6,60 a	6,81 a	5,99 b	6,65 ab	5,62 a
<b>mds</b>	0,73	0,81	0,89	0,71	0,68

La percepción de los consumidores de la calidad sensorial de un producto es un aspecto importante en la elección de cualquier alimento (Annett y col., 2008) aunque las razones que deciden al consumidor no son enteramente coincidentes con las ofrecidas por el producto (rico en fibras, bajo en sodio, libre de grasas trans, entre otros), (Yiridoe y col., 2005), aunque éstas generan expectativas. La mayoría de los consumidores evalúan a priori la calidad de un producto por su apariencia (Annett y col., 2008). Según Vermeir y Verbeke, (2004) los consumidores no compran siempre productos por conciencia medioambiental, beneficio comunitario o personal pero sí por priorizar su salud, por ser parte de un grupo social, para diferenciarse de otros o por seducción de nuevas tecnologías. El análisis de la performance sensorial por atributos de las variedades en forma conjunta permite determinar qué atributo/s define/n la diferencia de valoración. En la Figura 1 a se observa que la Apariencia presentó interacción var x trat significativa. KE mejoró sensiblemente la valoración de los consumidores en la Apariencia de sus panes en presencia de los aditivos. BP sería elegido por este atributo en su versión S/A, en cambio KE lo sería en todas sus variantes aditivadas.

La calidad de los panes está normalmente definida por su volumen, textura, color y flavor, en donde en éste último se resumen las interacciones entre el aroma y el sabor y es el que más influencia tiene a la hora de renovar la elección del producto (Annett y col., 2008). Este parámetro está compuesto por un gran número de variables-compuestos, la mayoría de ellos con diferentes características olfativas, provenientes de compuestos volátiles y no volátiles tales como ácidos, alcoholes,

aldehídos, ésteres, éteres, cetonas, pirazinas y compuestos sulfurados, entre otros (Quílez y col., 2006). No todos estos compuestos, especialmente los volátiles, tienen el mismo grado de influencia sobre el flavor, pero hay una serie de claves odoríferas que tienen marcada influencia en la corteza y la miga (Grosch y Schieberle, 1997), siendo el etanol el más abundante y notorio. Dentro de los no volátiles, la sal y el ácido láctico revisten la mayor importancia (Calvel, 2001). Según Chang y col. (1995), el flavor del pan es el resultado de la interacción de numerosos factores: por una parte el tipo de harina y su interacción con los demás ingredientes y por otro lado el tipo de fermentación y de levadura utilizada. Por último también el proceso de producción ejerce una influencia importante en este parámetro (Galey y col., 1994). Baardseth y col. (2000), analizando para pan tipo baguette y diferentes métodos de producción, llegaron a la conclusión que el 40% de las diferencias en calidad panadera se debían a la variación en el proceso mientras que sólo el 16% era atribuido al tipo de harina utilizada.

Respecto del Sabor se esperaba que DATEM tenga una participación relevante en este atributo dada la capacidad de los emulsificantes de contribuir al flavor de los alimentos (Velázquez Alvarez, 2010). Sin embargo, según los consumidores, este aditivo sólo mejoró sensiblemente el sabor de KE, estando presente solo o en mezcla con el hidocoloide. Por su parte PAM, único tratamiento con efecto negativo sobre BP, no produjo cambios en la apreciación sensorial del sabor de KE (Figura 1 b). En consecuencia, teniendo en cuenta que en este ensayo tanto los ingredientes como el proceso fueron iguales, las puntuaciones asignadas al sabor respondieron a diferencias en el tipo de harina y a la interacción harina-aditivo (Figura 1 b).

Este mismo efecto, es decir, las diferencias en valoración sensorial de panes de harinas varietales diferentes, fue previamente reportado por Baardseth y col. (2000).

En un parámetro tan complejo como la Textura de la corteza, primer contacto del producto con el órgano masticatorio, se ponen en juego el sentido de la vista, por el color desarrollado en la corteza (Bourne, 2002), el sentido del gusto y el sentido del oído (Smith, 2004), por el ruido que produce la ruptura de la corteza y la sensación que se produce en la boca.

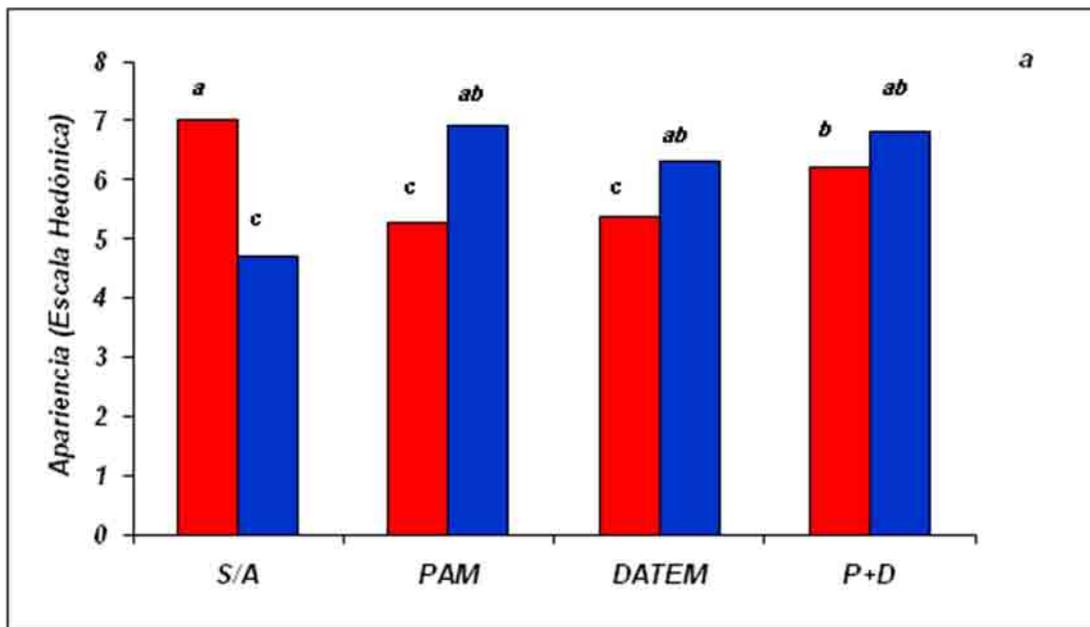


Figura 1 a. Variación de la apreciación sensorial de la Apariencia de panes de BP (barras rojas) y KE (barras azules), elaborados sin aditivos (S/A), con PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D), mds: 0,81. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) en la interacción var x trat (Test de Fisher,  $\alpha = 0,05$ ).

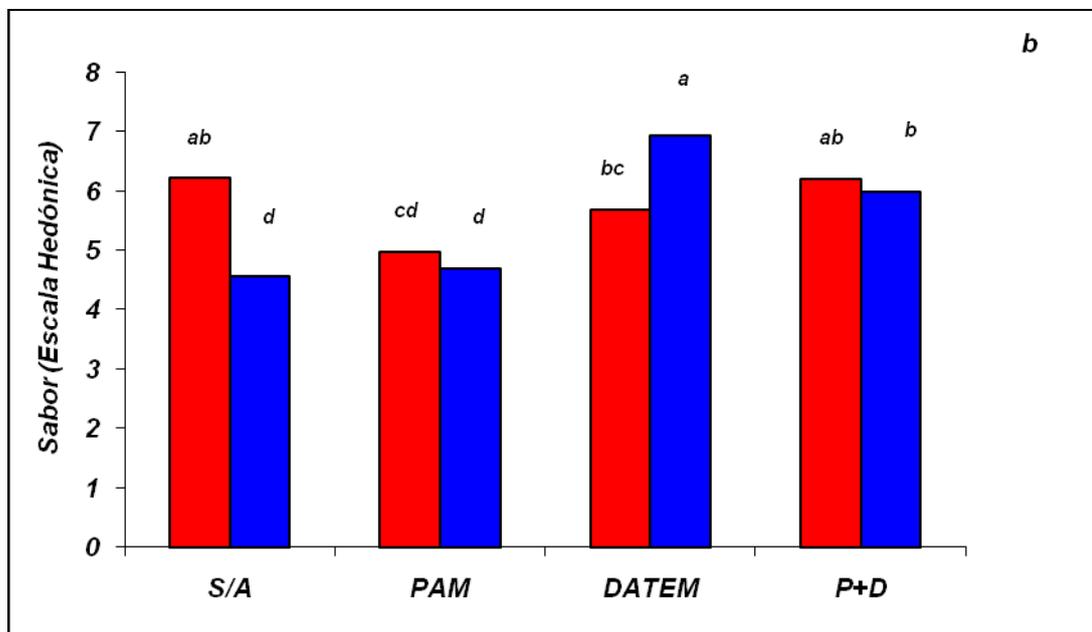
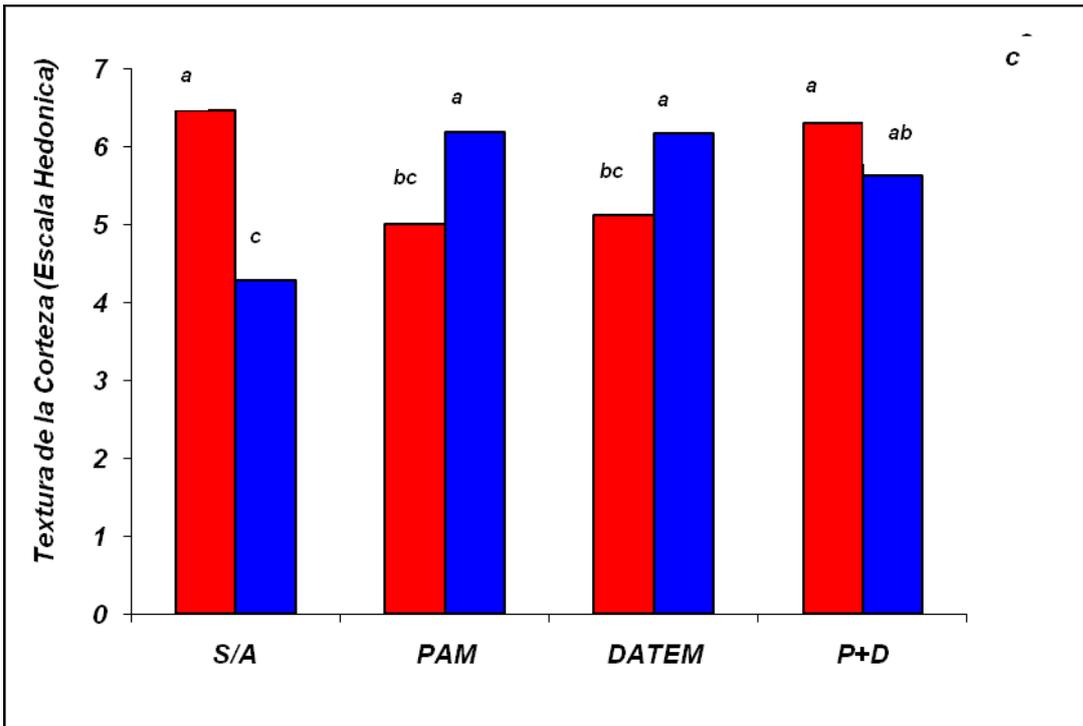


Figura 1 b. Variación de la apreciación sensorial del Sabor de panes de BP (barras rojas) y KE (barras azules), elaborados sin aditivos (S/A), con PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D), mds: 0,88. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) en la interacción var x trat (Test de Fisher,  $\alpha = 0,05$ ).

Los valores de Textura de la corteza presentaron interacción variedad x aditivos significativa (Figura 1 c): BP obtuvo menor valoración en presencia de los aditivos solos, recuperando con P+D el valor de los panes no aditivados. La valoración de la textura de la corteza de KE mejoró con el agregado de aditivos, incluso con valoraciones mayores a la de los panes BP elaborados con los aditivos solos.

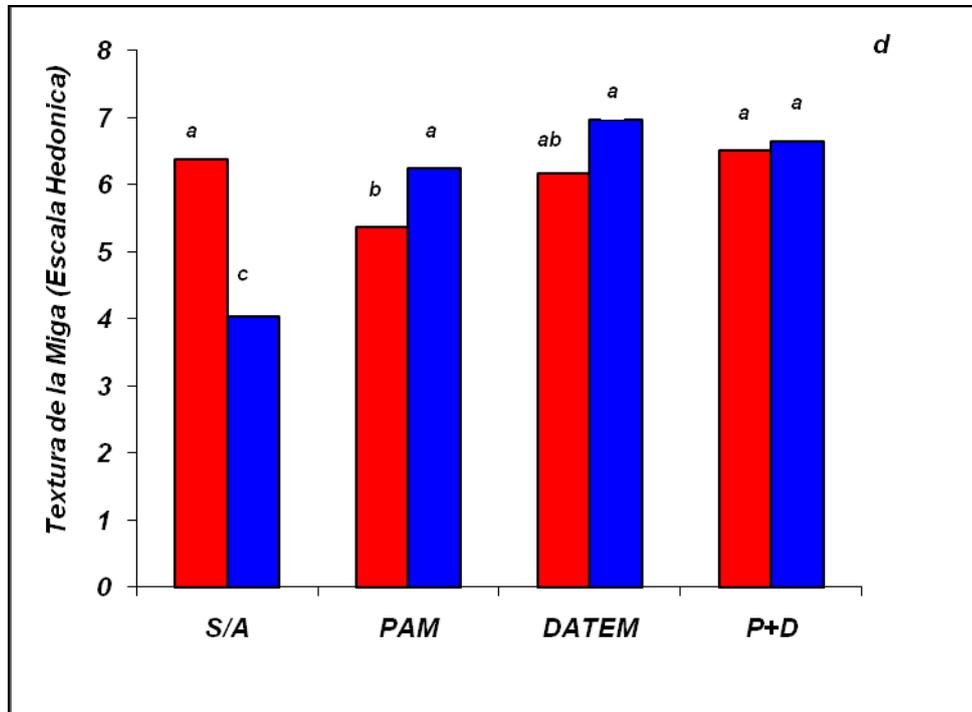


**Figura 1 c:** Variación de la apreciación sensorial de la Textura de la Corteza de panes de BP (barras rojas) y KE (barras azules), elaborados sin aditivos (S/A), con PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D), mds: 0,87. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) en la interacción var x trat (Test de Fisher,  $\alpha = 0,05$ ).

La primera apreciación que el consumidor tiene de la Textura de la Miga es el efecto visual, al partir la pieza o bien si el pan se presenta en rebanadas. En ese momento aparece un patrón complejo de propiedades de la miga que incluye luminosidad, uniformidad, densidad, frecuencia y distribución al azar del alveolado, fineza, granulado, suavidad (Gonzales-Barron y Butler, 2007), sin embargo, la apreciación se resuelve en la boca.

Un parámetro tan importante como la Textura de la miga presentó para KE la misma tendencia que la corteza, mejoró con todos los aditivos (Figura 1 d). Por

otro lado, BP tuvo un puntaje menor sólo con PAM, incluso aún menor al que presentó KE con el mismo aditivo. La interacción doble dio significativa (Fig. 1 d).



**Figura 1 d:** Variación de la apreciación sensorial de la Textura de la Miga de panes de BP (barras rojas) y KE (barras azules), elaborados sin aditivos (S/A), con PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D), mds: 0,80. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) en la interacción var x trat (Test de Fisher,  $\alpha = 0,05$ ).

Resulta importante, como resumen o promedio de la valoración de cualquier alimento sometido a este test, analizar la Aceptabilidad Global de los panes, a pesar de la subjetividad que cada evaluador incluye en este parámetro. La Aceptabilidad Global, no presentó diferencias estadísticas significativas en todos los panes BP, aunque se observó un valor relativamente menor con PAM. Todos los aditivos incrementaron la Aceptabilidad Global de KE (Figura 1 e). Las diferencias de funcionamiento de ambas variedades en presencia de estos aditivos se confirman con la interacción doble, significativa también para este parámetro.

A pesar de las diferencias entre los panes de las dos variedades S/A, la presencia de PAM dio como resultado que los panes de KE con el hidrocoloide obtuvieran igual valoración que los de BP (Figura 1 e), pero sin alcanzar la aceptabilidad de

los panes BP, S/A. Asimismo, los consumidores valoraron en forma positiva el efecto del DATEM (solo y mezclado con la pectina) sobre KE, alcanzando la puntuación de BP.

El DATEM mejoró la percepción de la textura, tanto de miga como de corteza, y especialmente la del sabor de los panes KE, influyendo todos estos parámetros en conjunto, directamente en la Aceptabilidad Global del producto por parte de los consumidores.

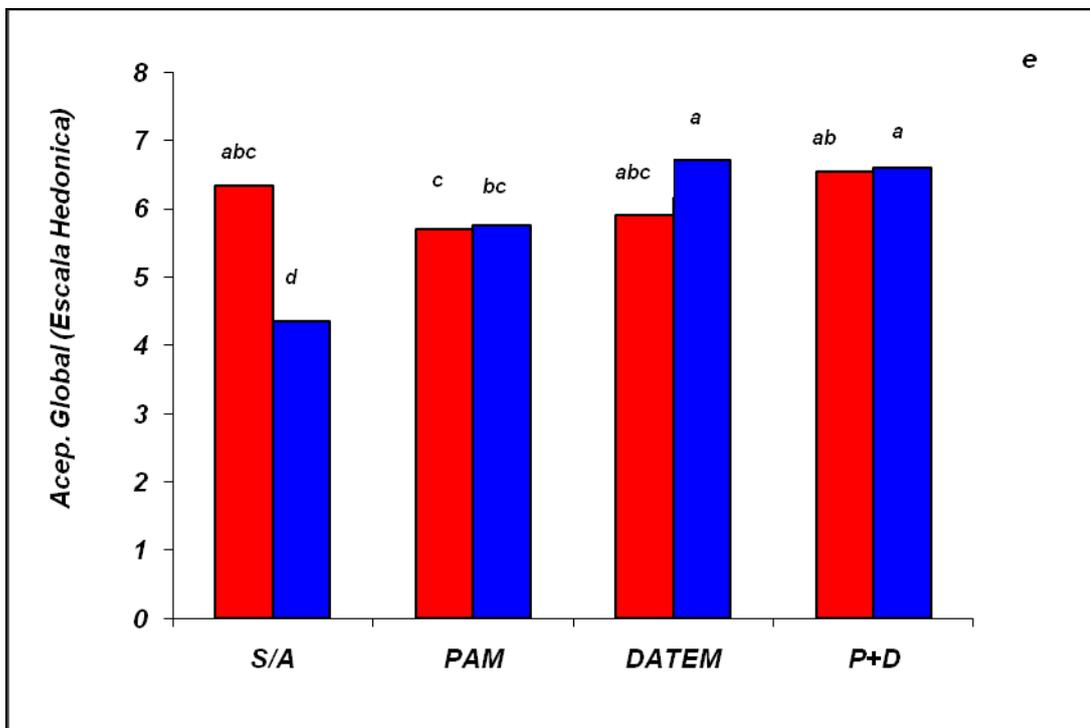


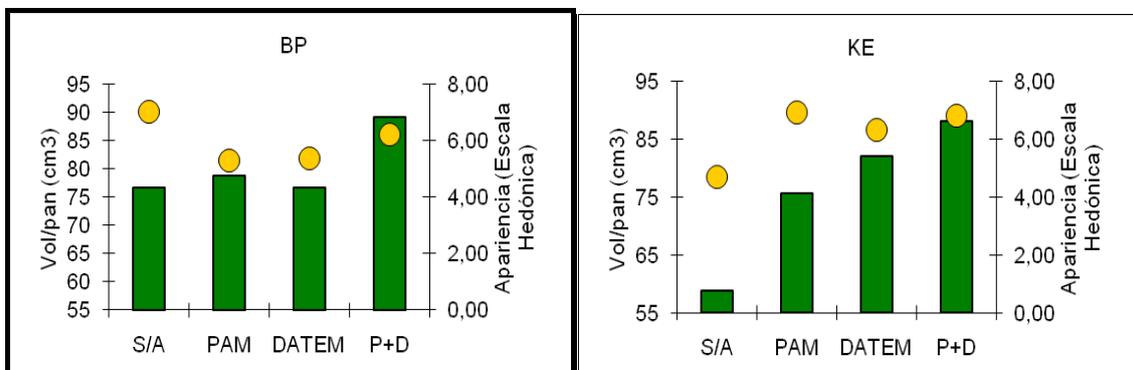
Figura 1 e: Variación de la apreciación sensorial de la Aceptabilidad Global de panes de BP (barras rojas) y KE (barras azules), elaborados sin aditivos (S/A), con PAM, DATEM y la mezcla de ambos (P+D), mds: 0,81. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) en la interacción var x trat (Test de Fisher,  $\alpha = 0,05$ ).

Se podría concluir que el agregado de estos aditivos, solos o combinados, disminuyó la valoración sensorial de los panes elaborados con BP o, en el mejor de los casos, igualó a la de la harina sin aditivos, por lo que el uso de estos aditivos en BP sería innecesario y/o contraproducente.

## 2- Relaciones entre los parámetros físicos y sensoriales de calidad de pan

Resultó interesante tratar de establecer relaciones entre parámetros físicos y sensoriales de los panes. En la Figura 2 se observa que el Volumen/pieza de pan, parámetro muy importante en la evaluación de la performance en panificación, no resultó un parámetro significativamente influyente en la Apariencia.

Por otra parte los descriptores de forma (Ancho, Alto y Relación Ancho/Alto), muy relacionados con la Apariencia de la pieza panaria, fueron contrastados con la apreciación sensorial de la misma. La Figura 3 a muestra que una disminución en el ancho de la pieza de pan KE (menos planos) en panes con PAM fue valorada positivamente; en tanto que los panes BP, que no presentaron grandes variaciones en el ancho de las piezas con la incorporación de aditivos, tuvieron una valoración relativamente menor con el emulsificante y el hidrocoloide, debido quizás a la valoración conjunta de otros aspectos de la pieza de pan.



**Figura 2. Relación entre el Vol/pan (barras verdes, mds BP: 3,04; mds KE: 2,6) y Apariencia (círculos amarillos, mds BP: 0,74; mds KE: 0,81). Panes BP y KE: sin aditivos (S/A), con PAM, con DATEM y con P+D.**

A pesar de que la altura de los panes BP no varió significativamente con la incorporación de aditivos a la harina, recibieron menor puntaje en Apariencia. Por otro lado, los panes KE de mayor altura fueron los seleccionados como los de mejor Apariencia (Figura 3 b).

El contraste entre la Relación Ancho/Alto, mucho más descriptiva de la forma de la pieza panaria, con la Apariencia se muestra en la Figura 3 c. Se observó que en BP el pan sin aditivos fue el preferido, a pesar de que los aditivos no modificaron prácticamente la relación de forma. Este comportamiento podría deberse a otros factores relacionados con la apariencia. KE en cambio en presencia de aditivos mejoró la valoración en Apariencia (Figura 1 a) a pesar de tener una alta relación Ancho/Alto, mayor que la de BP. A pesar de que las diferencias varietales están plasmadas en la relación de forma, no resultaron suficientes para la diferenciación sensorial, especialmente en presencia de aditivos, lo que refleja que la valoración sensorial es un mecanismo muy complejo.

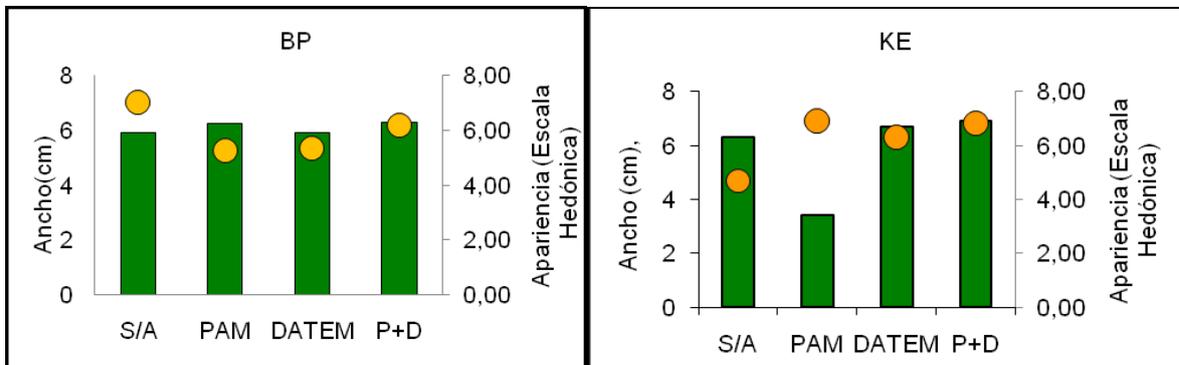


Figura 3 a. Relación entre el Ancho de la pieza (barras verdes, mds BP: 0,12; mds KE: 0,13) y la Apariencia (círculos amarillos, mds BP: 0,74; mds KE: 0,81). Panes: ver ref. Figura 2.

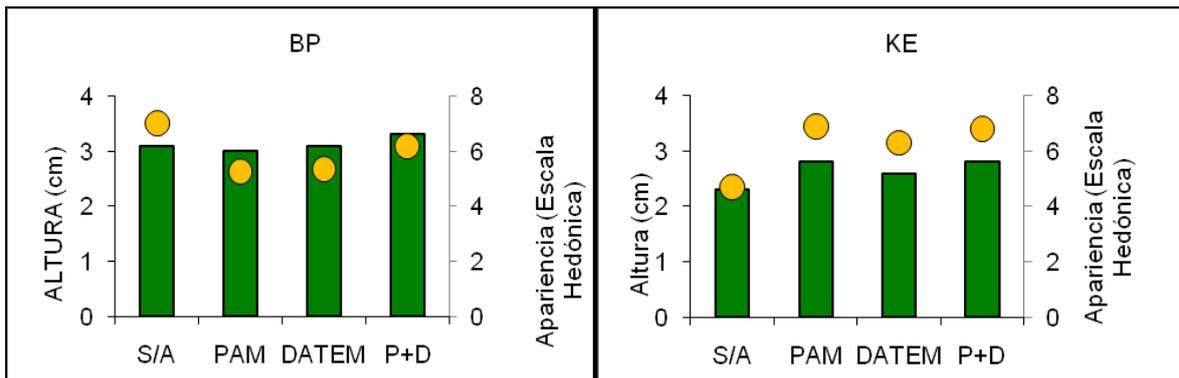
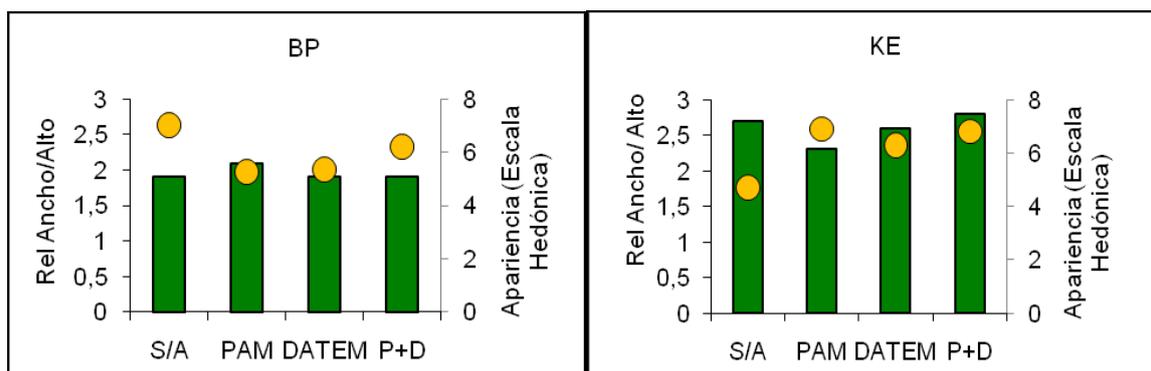


Figura 3 b. Relación entre el Alto de las piezas (barras verdes, mds BP: 0,10; mds KE: 0,01) y la Apariencia (círculos amarillos, mds BP: 0,74; mds KE: 0,81). Panes: ver ref. Figura 2.



**Figura 3 c.** Relación entre la Relación Ancho/Alto (barras verdes, mds BP: 0,08; mds KE: 0,13) de los panes y la Apariencia (círculos amarillo mds BP: 0,74; mds KE: 0,81). Panes: ver ref. Figura 2.

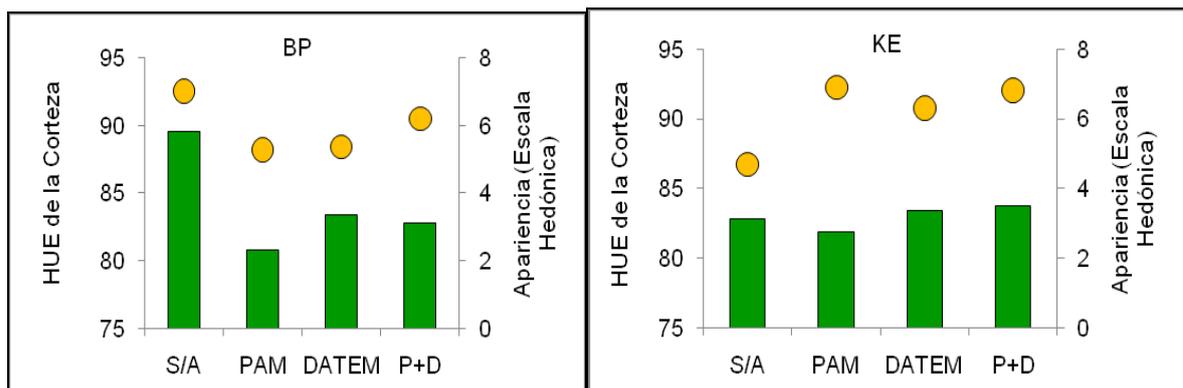
Otro de los factores que influyen en la valoración sensorial de la Apariencia es el color de los panes. Xiujin y col. (2007) estudiaron el efecto del DATEM en bajas concentraciones. Sus resultados mostraron que el color de la corteza mejoró con el agregado de emulsificante. En la Figura 4 se observan las relaciones existentes entre la Apariencia y dos parámetros vinculados al color, el color (hue) (Figura 4 a) y la intensidad de color (chroma) (Figura 4 b).

Los panes BP disminuyeron su color con todos los aditivos y eso fue valorado por los consumidores en el mismo sentido desde el punto de vista de la apariencia (Figura 4 a). Estos resultados fueron opuestos a los obtenidos por Xiujin y col. (2007) para el caso del DATEM. Los panes KE, de mayor intensidad de color que los BP (mayor a y b), no presentaron grandes variaciones en este parámetro con la adición de los aditivos. Evidentemente, el color no tuvo influencia en la percepción sensorial de los panes, ya que la evaluación por parte de los panelistas resultó muy buena para los panes KE con aditivos, incluso superior a los de BP.

La relación entre la intensidad de color y la apariencia se muestra en la Figura 4 b. Todos los panes KE presentaron mayor intensidad de color que los BP. Estos resultados obtenidos de color de pan probablemente estén vinculados, en cierta medida, a las diferencias de color (más rojo) o a la proporción de almidón dañado encontrados en las harinas (Capítulo IV y V). Un mayor contenido de almidón dañado, como el obtenido en KE, estaría favoreciendo la reacción de Maillard durante la panificación.

La confrontación entre un parámetro subjetivo como la textura de corteza evaluada por el consumidor, con otro objetivo como la dureza de dicha corteza evaluada en forma mecánica mediante el ensayo de punción, puede conducir en algunos casos a resultados contradictorios. La Figura 5 a muestra la relación objetiva-subjetiva de la textura de la corteza. Se puede observar para BP una relación inversa entre la Dureza de la corteza y la apreciación sensorial de la Textura (Figura 5 a) para los panes sin aditivo y con PAM. Los panes con hidrocoloide, a pesar de tener mayor dureza mecánica, obtuvieron una menor valoración en la textura. Asimismo, en presencia de DATEM (DATEM y P+D), una menor Dureza de corteza fue acompañada de una mayor textura. Este comportamiento confirma la cantidad de variables que se ponen en juego en la percepción sensorial que hacen que la respuesta no sea lineal con la determinación física. Por otro lado, en el caso de los panes KE la percepción sensorial siguió la misma tendencia que la obtenida con la dureza mediante punción (Figura 5 a).

Todos los aditivos disminuyeron la Dureza de la miga en BP, sin embargo la valoración sensorial de la Textura de la miga sólo disminuyó con PAM (Figura 5b). Para los panes KE se observó una relación aleatoria entre la Dureza (N) y la textura evaluada mediante escala hedónica.



**Figura 4 a: Relación entre el HUE (barras verdes, mds BP: 1,17; mds KE: 1,30) y la Apariencia (círculos amarillos mds BP: 0,74; mds KE: 0,81). Panes BP y KE: sin aditivos (S/A), con PAM, con DATEM y con P+D.**

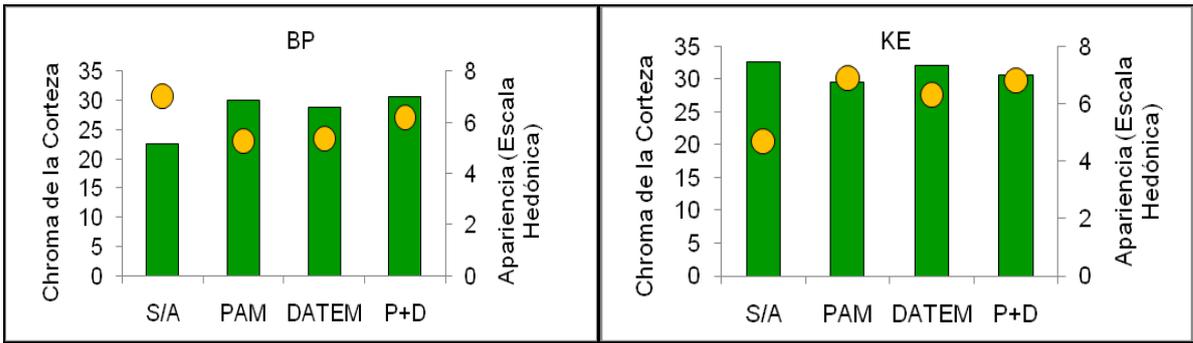


Figura 4 b: Relación entre el Chroma (barras verdes, mds BP: 1,41; mds KE: 1,30) y la Apariencia (círculos amarillos, mds BP: 0,74; mds KE: 0,81). Panes BP y KE: sin aditivos (S/A), con PAM, con DATEM y con P+D.

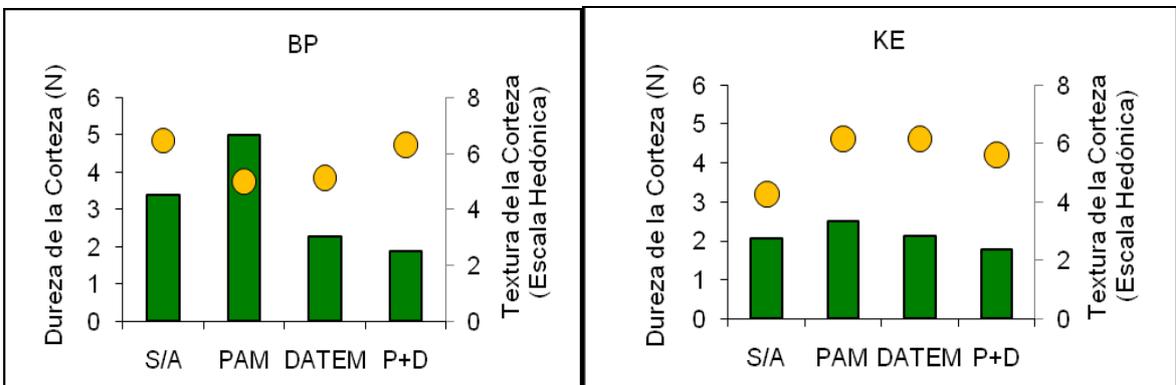


Figura 5 a. Relación entre la Dureza de la Corteza (barras verdes, mds BP: 1,4; mds KE: 1,4) medida como Fuerza de Ruptura (N) y la Textura de la Corteza (círculos amarillos, mds BP: 0,83; mds KE: 0,67). Panes BP y KE: sin aditivos (S/A), con PAM, con DATEM y con P+D.

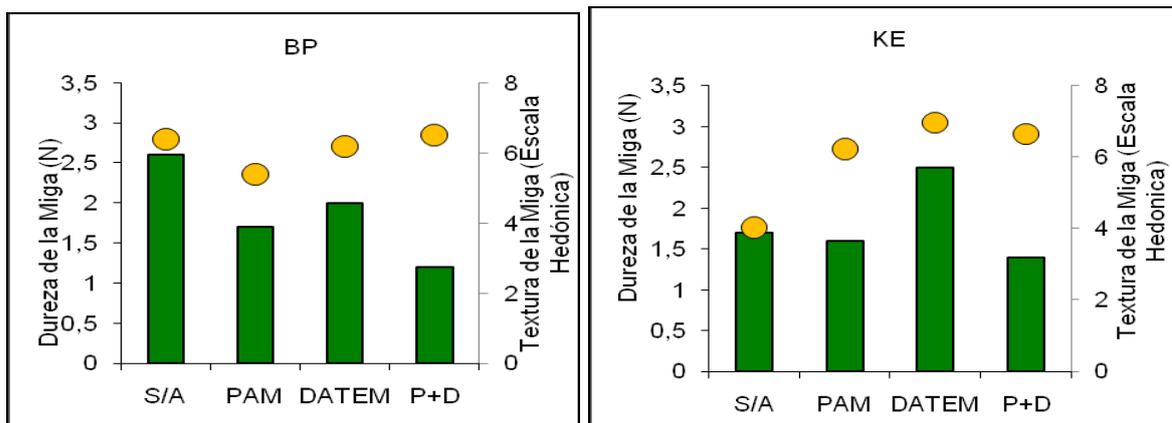


Figura 5 b. Relación entre la Dureza de la Miga (barras verdes, mds BP: 0,14; mds KE: 0,12) medida como Fuerza de Ruptura (N) y la Textura de la Miga (círculos amarillos, mds BP: 0,78; mds KE: 0,71). Panes BP y KE: sin aditivos (S/A), con PAM, con DATEM y con P+D.

*En el Capítulo V quedó claramente evidenciado que el comportamiento de KE en presencia de los aditivos utilizados es diferente que el de BP, ya sea en masa como en panificación. En este capítulo se ha puesto en evidencia que los consumidores valoran en forma diferencial los panes logrados con estas harinas varietales y el efecto de los aditivos.*

### **3- Conclusiones parciales**

- *La valoración de todos los atributos de los panes BP resultó aceptable y los aditivos o la mezcla de ellos no mejoró la valoración de los panes sin aditivos. Resultó destacable la disminución en la valoración obtenida en todos los parámetros en panes con hidrocólido.*
- *Todos los aditivos mejoraron significativamente la valoración sensorial de casi todos los descriptores de los panes KE. Sin embargo PAM no logró mejorar el sabor y sí lo hizo el DATEM.*
- *El agregado de DATEM, solo o mezclado con el hidrocólido, generó en KE la valoración más alta de los consumidores, alcanzando valores similares a los de BP sin aditivos.*
- *En todos los parámetros sensoriales estudiados se registró diferencias significativas debidas a la interacción variedad x aditivo, reforzando la idea de la necesidad de más estudios sobre esta interacción, con el objetivo de que, a través de mejor conocimiento de nuestras harinas varietales, podamos hacer un uso más racional de los mismos.*
- *Los descriptores sensoriales no siempre presentaron una correlación directa con los parámetros físicos, dejando en evidencia la complejidad de la percepción humana de los atributos.*
- *Los aditivos mejoraron la calidad física y sensorial de panes elaborados con harinas débiles del tipo KE pero no tuvieron efecto o resultaron, en algunos casos, perjudiciales para una harina fuerte como BP.*

## *CAPÍTULO VIII*

### **CONCLUSIONES GENERALES**



## **CONCLUSIONES GENERALES**

*El comportamiento panadero de las variedades de trigo estuvo determinado, en un gran porcentaje, por el patrón de gluteninas de alta masa molecular (HMWG).*

*Las variedades presentaron un comportamiento diferencial en las características estructurales y reológicas tanto de masas como de los panes.*

*El mencionado comportamiento varió significativamente con la proporción de cada variedad en la mezcla de harinas. Se obtuvieron panes de menor calidad cuanto mayor fue la proporción de Klein Escudo en la mezcla de harinas.*

*Los aditivos mejoraron en forma sustancial y positiva los panes elaborados con Klein Escudo, aumentando su volumen, pero tuvieron menor influencia en Buck Pronto. El emulsificante mejoró la elasticidad y estructura de las masas en ambas variedades y disminuyó la dureza de la miga en presencia del hidrocoloide, mientras que la pectina aumentó la crocancia y mejoró el color de los panes elaborados con Buck Pronto.*

*La valoración sensorial de todos los atributos de los panes BP, en concordancia con el comportamiento reológico y panadero de esta variedad en presencia de los aditivos, resultó aceptable. Los aditivos o la mezcla de ellos no mejoraron en general la valoración de los panes sin aditivos, con excepción del efecto depresor del hidrocoloide. En cambio, todos los aditivos mejoraron significativamente la*

*valoración sensorial de la mayoría de los descriptores de los panes KE, aunque la pectina no logró mejorar el sabor. El DATEM, solo o mezclado con la pectina, generó en los consumidores la valoración más alta para los panes KE, alcanzando valores similares a los del pan BP sin aditivos.*

*Los resultados del panel sensorial evidencian que panes confeccionados a partir de harinas débiles o de baja calidad panadera como KE con aditivos, son mejor apreciados por los consumidores, no así aquellos elaborados con una harina de buena calidad como BP, donde no se registraron efectos beneficiosos habiendo sido en algunos casos, perjudiciales.*

*Los descriptores sensoriales no siempre presentaron una correlación directa con los parámetros físicos, dejando en evidencia la complejidad de la percepción humana de los atributos.*

*Los resultados obtenidos en la estabilidad de la masa y variaciones de la textura de la miga y corteza con las diferentes variedades de trigo y sus mezclas, sugieren la importancia de una adecuada elección en el mezclado de variedades de trigo en molinería.*

*Las variedades de trigo habitualmente cultivadas en las regiones trigueras argentinas, son comúnmente mezcladas por los molineros para obtener harinas comerciales estándar que alcancen un determinado valor de algún parámetro reológico empírico, como por ejemplo, el trabajo alveográfico; pero no son declaradas en la mezcla y forman parte del savoir faire del molinero. Este procedimiento dificulta la posibilidad de contar con materias primas de calidad estandarizada, que permita racionalizar el uso de aditivos.*

*Por otro lado, los aditivos no siempre mejoran el desempeño reológico y la calidad panadera de las harinas por lo que, en caso de ser mezcladas, la proporción de cada una de ellas en la mezcla es un fuerte determinante al momento de elegir un aditivo o mezcla de aditivos para mejorar la calidad del producto.*

*Se desprende del análisis de este trabajo que resulta indispensable no sólo conocer las variedades de trigo de una mezcla de harina, sino también llevar a cabo un correcto uso de los aditivos para panificación; por lo que tanto los industriales como los molineros deberían contar con la información previa necesaria para hacer uso racional de sus materias primas.*

## *CAPÍTULO IX*

### **BIBLIOGRAFIA**



**BIBLIOGRAFIA**

- AACC International. 2000. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. Methods: 08-03, 10.09, 38-12A, 44-15A, 46-10, 55-30, 56-10, 56-11, 76-30A, 80-60. The Association: St. Paul, MN.*
- Aamondt, A., E. M. Magnus and E. Mosleth Fargestad. 2003. *Effect of flour quality, Ascorbic acid, and DATEM on dough rheological parameters and hearth loaves characteristics. Journal of Food Science, vol 68 (7): 2201-2210.*
- Aamondt, A., E. M. Magnus and E. Mosleth Fargestad. 2004 a. *Effect of protein quality, protein content, bran addition, DATEM, proving time, and their interaction on hearth bread. Cereal Chemistry, 81(6): 722-734.*
- Aamondt, A., E. M. Magnus and E. Moleth Fargestad. 2005. *Hearth bread characteristics: effect of protein quality, protein content, whole meal flour, DATEM, proving time and their interactions. Cereal Chemistry, 82(3): 290-231*
- Aamodt A., E. M Magnus, K. Hollung, A.K. Uhlen and E.M. Færgestad. 2005. *Dough and Hearth Bread Characteristics Influenced by Protein Composition, Protein Content, DATEM, and Their Interactions. Journal of Food Science, vol 70 (3): C214-C221.*
- Alimentos Argentinos Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos – ISSN 0328-9168.
- Altenbach, S.B., F.M. DuPont, K.M. Kothari, R. Chan, E.L. Johnson and D. Lieu. 2003. *Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in US Spring Wheat. Journal of Cereal Science, 37, 9-20.*
- Alvarado, J.D. and J.M. Aguilera. 2001. *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Ed. Acribia, S.A., Huesca. España.*
- Amend, T. and H.D. Belitz. 1990. *Formation of dough and gluten. Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung Forschungen, 190: 401-409.*
- Ameniya, J.I., Menjivar, J.A. 1992. *Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs. Journal of Food Engineering, 16: 91-108.*

- Anderssen, R.S., F. Bekes, P.W. Gras, A. Nikolov and J.T. Wood. 2004. *Wheat-flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties. Journal of Cereal Science*, 39: 195–203.
- Annet, L.E., V. Muralidharan, P.C. Boxall, S.B. Cash and W.V. Wismer. 2008. *Influence of health and environmental information on hedonic evaluation of organic and conventional bread. Journal of Food Science*, 73, n°4, H-50-H-55
- Antoine, C., V. Lullien-Pellerin, J. Abecassis and X. Rouau. 2002. *Nutritional interest of the wheat seed aleurone layer. Sciences des Aliments*, 22: 545-556.
- Ao, Z. and J.I. Jane. 2007. *Characterization and modeling of the A- and B-granule starches of wheat, triticale, and barley. Carbohydrate Polymers*, 67: 46–55.
- Arfvidsson, C., K.-G. Wahlund and A.C. Eliasson. 2004. *Direct molecular weight determination in the evaluation of dissolution methods for unreduced glutenin. Journal of Cereal Science*, 39: 1–8.
- Attenburrow, G. E., R.M. Goodband, L.J. Taylor and P.J. Lillford, 1989. *Structure, mechanics and texture of a food sponge. Journal of Cereal Science*, 9: 61-70.
- Autio, K., L. Flander, A. Kinnunen and R. Heinomen. 2001. *Bread quality relationship with rheological measurements of wheat flour dough. Cereal Chemistry*, 78 (6): 654-657.
- Axford, D.W.E., E.E.McDermot and D.G. Redman. 1979. *Note on the sodium dodecil sulfate test on breadmaking quality: comparison with Pelschenke and Zeleny test. Cereal Chemistry*, 56: 582-584.
- Baardseth, P., K. Kvaal, P. Lea, P.M. Ellekjaer and E.M. Faegstad. 2000. *The effects of bread making process and wheat quality on French Baguettes. Journal of Cereal Science*.32: 73-87.
- Bárcenas, M.E., C. Bedito and C.M. Rosell. 2004. *Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. Food Hydrocolloids*, 18: 769–774.

- Bárceñas, M.E., J. De la O-Keller and C.M. Rosell. 2009. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). *Journal of Food Engineering*, 94: 241-247.
- Barrera, G.N., G.T. Pérez, P.D. Ribotta and A.E. León. 2007. Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. *European Food Research Technology*, 225: 1-7.
- Bell, M.G. and M. Walker. 1992. Autores cit. en: [http://www.cucba.udg.mx/new/informacion academica/coaxican/agricultura/origagr.htm](http://www.cucba.udg.mx/new/informacion_academica/coaxican/agricultura/origagr.htm)
- Belton, P.S. 2005. Review: New approaches to study the molecular basis of the mechanical properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 41: 203–211.
- Bloksma, A.H. 1990a. Dough structure, dough rheology and baking quality. *Cereal Foods World*, 35: 237-244.
- Bloksma, A.H. 1990. Rheology of the breadmaking process. *Cereal Foods World*, 35: 228-236.
- Bohlin, L., and T.L.G. Carlson. 1980. Dynamic viscoelastic properties of wheat flour dough: dependence on mixing time. *Cereal Chemistry*, 57: 175-181.
- Bourne, M.C. 2002. *Food Texture and Viscosity: concept and Measurements*. London Academic.
- Boyden. 1992. Autor citado en: [http://www.cucba.udg.mx/new/informacion academica/coaxican/agricultura/origagr.htm](http://www.cucba.udg.mx/new/informacion_academica/coaxican/agricultura/origagr.htm)
- Bregitzer, P., A.E. Blechl, D. Fiedler, J. Lin, P. Sebesta, J.F. De Soto, O. Chicaiza and J. Dubcovsky. 2006. Changes in high molecular weight glutenin subunit composition can be genetically engineered without affecting wheat agronomic performance. *Crop Science*, 46: 1553-1563.
- Bullrich, L., G. Tranquilli, L.A. Pflugger, E. Suárez, A. J. Barneix and J. Dubcovsky. 1996. Breadmaking quality and yield performance of 1BL/1RS argentinian germplasm. 6<sup>th</sup> Gluten.
- Bullrich, L., G. Tranquilli, L.A. Pflugger, E. Suárez and J. Barneix. 1998. Bread making quality and yield performance of 1BL/1RS wheat isogenic lines. *Plant Breeding*, 117: 119-122.

- Burenhult, G. 1992. Autor citado en: <http://www.cucba.udg.mx/new/informacion/académica/coaxican/agricultura/origagr.htm>
- Calderini, D.F., L.G. Abeledo, R. Savin and G.A. Slater. 1999a. Carpel size and temperature in pre-anthesis modify potential grain weight in wheat. *Journal of Agricultural Science*. 132: 453-460.
- Calderini, D.F., L.G. Abeledo, R. Savin and G.A. Slater. 1999b. Final grain weight in wheat as affected by short periods of high temperature during pre and post-anthesis under field conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, 26: 453-458.
- Calvel, R. 2001. *The taste of bread*. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers.
- Calviño, P., H.E. Echeverría y M. Redolatti. 2000. Estratificación de Fósforo en el Suelo y Diagnóstico de la Fertilización Fosfatada en Trigo en Siembra Directa. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.
- Campbell, G.M.C., Y. Fang and I.I. Muhamad. 2007. On predicting roller milling performance. VI- Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Food Bioproducts Process*, 85 (C1): 7-23.
- Carceller, J.L. and T. Aussenac. 1999. SDS-insoluble glutenin polymer formation in developing grains of hexaploid wheat: the role of the ratio of high to low molecular weight glutenin subunits and drying rate during ripening. *Australian Journal of Plant Physiology*, 26, 301–310.
- Carter, K. and D. Risky. 1990. The roles of sensory research and marketing research in bringing a product to market. *Food Technology* 43 (11): 160.
- Cátedra de Cereales y Oleaginosas (Cátedra CyO) 2004, Material didáctico, Facultad de Agronomía, UNICEN.
- Catterall, P. 1998. Flour milling, p. 296-329. In S. P. Cauvain and L. S. Young (ed.), *548 Technology of Breadmaking*. Blackie Academic and Professional, London, UK.
- Chang, C.Y., L.M. Seitz and E. Chambers. 1995. Volatile flavor components of breads made from red winter wheat and hard white winter bread. *Cereal Chemistry*, 72 (3): 237-42.

- Chang C., HP Zhang, J. XU, W.H. Li, G.T. Liu, M.S. You and B.Y. Li. 2006. Identification of allelic variations of puroindoline genes controlling grain hardness in wheat using a modified denaturing PAGE. *Euphytica*, 152:225-234.
- Chryssohoidis, G.M. and A. Krystallis. 2005. Organic consumer's personal values research: testing and validating the list of values (LOV) scale and implementing a value-based segmentation task. *Food Quality Preference.*, 16: 585-599.
- Código Alimentario Argentino. 1992. Harinas Tomo I-a. Cap. IX. Art.661-Res. 167, 26.1.82. Pag 225. De La Canal & Asociados S.R.L.: Buenos Aires.
- Collar, C., P. Andreu, J.C. Martinez and E. Armero. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. *Food Hydrocolloids*, 13: 467-475.
- Crowley, P., H. Grau and K. Arendt. 2000. Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat bread. *Cereal Chemistry*, 77(3): 370-375.
- Crowley, P., T.J. Schober, C.J. Clarke and E.K. Arendt. 2002. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. *European Food Research Technology*, 214: 489-496.
- Cunibert, M. 2003. Sistema de Clasificación de Variedades en Grupos de Calidad, AAPROTRIGO. INTA Marcos Juárez. Argentina
- Cunibert, M. 2004. Propuesta de clasificación del trigo argentino. *Revista IDIA-INTA* 6: 21-25.
- Cunibert, M., M.R. Roth and F. MacRitchie. 2003. Protein composition-functionality relationship for a set of Argentinean wheat. *Cereal Chemistry*, 80: 132-134.
- Cuyeu, R., L. Campaña, M. Cardós, M.C. Puppo, C. Ferrero y M.C. Añón. 2004. Efecto de distintos hidrocoloides sobre la calidad de la masa panaria. XXV Congreso Argentino de Química, setiembre 2004, UNCPBA, Olavarría, Argentina.

- Daniel, C. and E. Triboi. 2000. *Effect of temperature and Nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. Journal of Cereal Science. 32: 45-56.*
- Denli, E. and R. Ercan, R. 2001. *Effect of added pentosans isolated from wheat and rye grain on some properties of bread. European Food Research Technology, 212: 374-376.*
- De Sá Souza, E. 2009. *Tecnología de productos panificados. Procesos de panificación de panes, facturas y repostería, AATA, junio 2009.*
- Dewettinck K., F. Van Bockstaele, B. Kühne, D. van de Walle, T.M. Courtens and X. Gellynck. 2008. *Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. Journal of Cereal Science, 48: 243–257*
- Dexter, J.E., R.R. Matsuo, F.G. Kosmolak, D. Leisle and B.A. Marchylo. 1980. *The suitability of the SDS-sedimentation test for assessing gluten strength in durum wheat. Canadian Journal of Plant Science, 60: 25-29.*
- Dhaliwal, A.S., D.J. Mares and D.R. Marshall. 1987 *Effect of 1B/1R chromosome translocation on milling and quality characteristics of bread wheats. Cereal Chemistry, 64: 72-76.*
- Dhaliwal, A.S., D.J. Mares, D.R. Marshall and J.H. Skerrit. 1988. *Protein composition and pentosan content in relation to dough stickiness of 1B/1R translocation wheat's. Cereal Chemistry, 65: 143-149.*
- Díaz Dellavalle, P.; M. Dalla Rizza y M. Castro. 2006. *Qualitative and Quantitative Element Analyses of the Wheat Gluten Protein. Agric. Téc., vol.66, n.4, pp. 360-369. ISSN 0365-2807.*
- Dick, J. and J. Quick. 1983. *A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. Cereal Chemistry, 60: 315-318.*
- Dimitri, Milán J. 1978. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 3ro Ed. Tomo I, Familia Gramíneas, 145-149.*
- Dobraszczyk, B.J. and M.P. Morgenstern. 2003. *Review. Rheology and the breadmaking process. Journal of Cereal Sciences, 38 (2003) 229–245.*

- Don, C., G. Mann, F. Bekes and R.J. Hamer. 2006. HMW-GS affect the properties of glutenin particles in GMP and thus flour quality. *Journal of Cereal Science*, 44, 127–136.
- D'Ovidio, R. and S. Masci. 2004. Review. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 39: 321–339
- Dubat, A. 2004. The importance and impact of starch damage and evolution of measuring methods. Article SDmatic: 1-5.
- Dubois, M. E. and Z. A. Gaido, 2006. Bread-making quality of new genotypes of bread wheat. *Agriscientia XXIII*, 2: 105-108.
- Dupont F.M. and S.B. Altenbach. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *J. of Cereal Science*, 38: 133-146.
- Dyck, P.L., E.R. Kerber and O.M. Lukow. 1987 Chromosome location and linkage of a new gene (Lr33) for reaction to *Puccinia recondita* in common wheat. *Genome*, 29: 463-466.
- Echeverría, H.E. y C.A. Navarro. 1984. Fraccionamiento de fósforo total en catenas de suelos con distintos niveles de fósforo disponibles en las sierras australes de la provincia de Buenos Aires. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*, 19: 207-213.
- Echeverría, H.E. y J. Ferrari. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Boletín Técnico 112. Estación Experimental Agropecuaria, INTA Balcarce*. 18 p.
- Eliasson, A. and M. Gudmundsson. 1996. Starch: physicochemical and functional aspects. En: *Carbohydrates in Food*. Ed. By Eliasson, A. Marcel Dekker, USA. 431-503.
- Evans, L.T. and W.J. Peacock (eds). 1981. *Wheat Science. Today and tomorrow*. Cambridge University Press, pp 304.
- Evers, A.D. 1993. On-line quantification of bran particles in white flour. *Food Science and Technology Today*, 7(1), 23-26.
- FAO. 2006. *Productos básicos y comercio*.  
<http://ftp.fao.org/dpcprep/fao/009/aq038s00.pdf>
- FAOSTAT data, 2007. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=nutrition>.

- Faubion, J.M., Dreese, P.C. and K.C. Diehl. 1985. Dynamic rheological testing of wheat flour doughs. In *Rheology of Wheat Products*. Faridi, H. Ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN pp 91-116.
- Faubion, J.M. and R.C. Hoseney. 1990. The viscoelastic properties of wheat flour doughs. In *Dough Rheology and Baked Product Texture*. Faridi & Faubion Eds. Van Nostrand Reinhold Publishers, NY, pp 29-66.
- Færgestad, E. M., K.M. Tronsmo, A. Aamodt, F. Bjerke, E.M. Magnus, G. Dingstad and P. Baardseth. 2004b. The effect of protein size distribution and dough rheology on hearth bread characteristics baked at different processes and scales. *Journal of Food Sciences*, 69: 524-535.
- Febles, C.I., A. Arias, A. Hardisson, C. Rodríguez-Alvarez and A. Sierra. 2002. Phytic Acid Level in Wheat Flours. *Journal of Cereal Science*, 36: 19–23.
- Feillet, P., J.C. Autran, and C. Icard-Vernière. 2000. Pasta brownness: an assessment. *Journal of Cereal Science*, 32: 215-233.
- Field, J. M., P.R. Shewry and B. Mifflin. 1983. Solubilization and characterization of wheat gluten proteins; correlations between the amount of aggregated proteins and baking quality. *Journal of Science and Food Agriculture*, 34: 370-377.
- Gaines, C.S., P.L. Finney and G. Rubenthaler. 1996. Milling and baking qualities of some wheat developed for Eastern or Northwestern regions or the United States and grown at both locations. *Cereal Chemistry*, 73: 521 525.
- Gale, C., J. Potus, R. Drapon, A. Poiffait, C. Bar, J. Fischer and P Giampaoli. 1994. La faveur de la mie du pain: influence de la variété de blé et du mode de panification. *Science Alimentaire*, 14(5): 643:53.
- Galili, G., H. Levanony, R. Rubin, S. Giorini-Silfen, N. Rosemberg, N. Shani, Y. Altschuler, Y. Shimioni and H. Karchi. 1993. Synthesis, targeting and packaging of wheat seed storage proteins. In Shewry, P.R. and K. Stobart. Ed. *Proc. Phytochem. Soc.Europe on Seed storage compounds: Biosynthesis, interaction and manipulation*. 152-168, Clarendon Press, Oxford.
- Gianibelli, M.C., O. R. Larroque, F. MacRitchie and C. W. Wrigley. 2001. *Biochemical, Genetic, and Molecular Characterization of Wheat Endosperm*

- Proteins. AACC on line Review. Available at: <http://www.aaccnet.org/cerealchemistry/freearticle/gianibelli.pdf>
- Glicksman, Martin. 1982. *Food Hydrocoll.* Vol. 1. CRC Press: Boca Raton,
- Glicksman, Martin. 2000. *Food Hydrocolloids*, Vol III. CRC Press, Boca Ratón.
- Gonzales-Barron, U. and F. Butler, 2007. Discrimination of crumb grain visual appearance of organic and non-organic bread loaves by image texture análisis. *Journal of Food Engineering*, 84: 480–488
- Gooding, M.J. and W.P. Davies. 1997. *Wheat production and utilization. Systems quality and the environment.* CAB International, Wallingford, UK, 355 p.
- Gras, P.W., R.S. Anderssen, M. Keentok, F. Békés and R. Appels. 2001. Gluten protein functionality in wheat flour processing: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52: 1311-1323.
- Graybosch, R.A., C.J. Peterson, L.E. Hansen and P.J. Mattern. 1990. Relationships between protein solubility characteristics, 1BL/1RS, high molecular weight glutenin composition, and end-use quality in winter wheat germplasm. *Cereal Chemistry*, 67(4): 342-349.
- Graybosch, R.A., C.J. Peterson, P-S. Baenziger and D.R. Shelton. 1995. Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition. *Journal of Cereal Science*, 22: 45-51.
- Graybosch, R. A., C.J. Peterson and O.K. Chung. 1999. Quality effects of rye (*Secale cereale* L.) chromosome arm 1 RL transferred to wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*, 29: 211-216.
- Grosch, W. and P. Schieberle. 1997. Flavor of cereal products. A review. *Cereal Chemistry*, 74 (2): 91-7.
- Guarda, A., C.M. Rosell, C. Benedito and M.J. Galotto. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 241-247.
- Gupta, R. B., N.K.Singh and K.W. Shepherd. 1989. The cumulative effect of allelic variation in LMW and HMW glutenin subunits on dough properties in the progeny of two bread wheats. *Theoretical Applied Genetic*, 77: 57-64.

- Gupta, R.B., K. Khan and F. MacRitchie. 1993. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in quantity and size distribution of polymeric proteins. *Journal of Cereal Science*, 18: 23-44.
- Guttieri, M.J., C. Becker and E.J. Souza. 2004. Application of wheat meal solvent retention capacity tests within soft wheat breeding populations. *Cereal Chemistry*, 81: 261–266.
- Hamazu Z., T. Toyomazu and D. Yonezawa. 1974. Molecular weight determination of gliadin fractions in gel filtration by SDS-Page and sedimentation equilibrium. *Agricultural and Biological Chemistry*, 38: 2445-2450.
- Hareland, G. A. and D. P. Pühr (1998). Baking performance of durum and soft wheat flour in a sponge-dough breadmaking procedure. *Cereal Chemistry*, 75: 830-835.
- He, Z.H., L. Liu, X C. Xia, J.J. Liu and R.J. Peña. . 2005. Composition of HMW and LMW Glutenin Subunits and Their Effects on Dough Properties, Pan Bread, and Noodle Quality of Chinese Bread Wheats. *Cereal Chemistry*, 82(4): 345–350
- Hinrichsen, P.R., M. Herminia Castro P. y Mario Mellado. 2002. Genetic improvement of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the south central zone of Chile. IV. Characterization of varieties based on electrophoretic profiles of glutenins and gliadins. *Agricultura técnica (Ch.)*, 62 (1): 56 – 67.
- Hoseney, R.C. 1985. The mixing phenomenon. *Cereal Foods World*, 30: 453-457.
- Hoseney, R.C. 1991. *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Ed. ACRIBIA S.A
- Hoseney, R.C., K.H. Hsu and R.C. Junge. 1979. A simple spread test to measure the rheological properties of fermentation dough. *Cereal Chemistry*, 63: 285-286.
- Hough, Guillermo. 2007. *Curso Vida útil en Alimentos*. DESA, 9 de Julio, Argentina.
- <http://www.cucba.udg.mx/new/informaciónacadémica/coaxican/agricultura/origa-gr.htm>

<http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S03.htm>

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/agricu/publicaciones/.html>

- Hug-Iten, S., F. Escher, and B. Conde-Petit. 2003. Staling of Bread: Role of Amylose and Amylopectin and Influence of Starch-Degrading Enzymes. *Cereal Chemistry*, 80(6):654–661.
- Hrusjkova, M., I. Svec and O. Jirsa. 2006. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. *Journal of Food Engineering*, 77: 439–444.
- Indrani, D. and G.V. Rao. 2007. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of parotta. *Journal of Food Engineering*, 79: 100–105.
- INFOSTAT (InfoStat, versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina).
- IRAM. 1995. Método 15857. Características físicas de masas. Determinación de propiedades reológicas. Método del alveógrafo.
- IRAM. 2000. Método 15855. Determinación de la absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad y aflojamiento de la masa, empleando el farinógrafo de Brabender. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales: Argentina.
- IRAM. 2000. Método 15858-1. Panificación Experimental.
- Izydorczyk, M.S., C.G. Biliaderis and W. Bushuk. 1990. Oxidative gelation studies of water-soluble pentosans from wheat. *Journal of Cereal Science*, 11: 153-169.
- Izydorczyk, M.S., Biliaderis, C.G. and W. Bushuk. 1991a. Comparison of the structure and composition of water-soluble pentosans from different wheat varieties. *Cereal Chemistry*, 68: 139-144.
- Izydorczyk, M.S., C.G. Biliaderis and W. Bushuk. 1991b. Physical properties of water soluble pentosans from different wheat varieties. *Cereal Chemistry* 68: 145-150.
- Jelaca, S.L. and I. Hlynka. 1971. Water-binding capacity of wheat-flour crude pentosans and their relation to mixing characteristics of dough. *Cereal Chemistry*. 48: 211-222.

- Jelaca, S.L. and I. Hlynka. 1972. *Effect of wheat-flour pentosans in dough, gluten and bread. Cereal Chemistry*, 49: 489-495.
- Jenner, C.F., T.D. Ugalde, and D. Aspinall. 1991. *The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. Australian Journal of Plant Physiology*, 18: 211-226.
- Johansson, E., J.O. Jönsson, P. Henriksson, K. Brismar and W.K. Heneen. 1994. *Comparison of electrophoretic methods for identification of the 1Bl/1RS rye traslocation in wheat, simultaneous screening for high-molecular-weight glutenins, and detection of chromosome deletions. Journal of Genetic and Breeding*, 48: 291-300.
- Jovanovich, G., M.C. Puppo, S.A. Giner and M.C. Añón. 2003. *Water uptake by dehydrated soy protein isolates: Comparison of equilibrium vapour sorption and water imbibing methods. Journal of Food Engeniering*. 56: 331-338.
- Kamal, A.H.M., K.H. Kim, D. H. Shin, H.S. Seo, K.H. Shin, C.S. Park, H.Y. Heo and S.H. Woo. 2009. *Proteomics profile of pre-harvest sprouting wheat by using MALDI-TOF Mass Spectrometry. Plant Omics Journal*, 2(3):110-119 ISSN: 1836-3644.
- Kent, N.L. 1984. *Technology of Cereals*, Pergamonn Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford, England.
- Khan, K. and W. Bushuk. 1979. *Studies of glutenin. IX. Subunit composition by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis at pH 7.3 and 8.9. Cereal Chemistry*, 54:588-596.
- Khatkar, B.B., R.J. Fido, A.S. Tatham and J.D. Schofield. 2002. *Functional properties of wheat gliadinas. I. Effects mixing characteristics and bread making quality. Journal of Cereal Science*, 35: 299-306.
- Khatkar, B.B., R.J. Fido, A.S. Tatham and J.D. Schofield. 2002. *Functional properties of wheat gliadinas. II. Effects on dynamic rheological properties of wheat gluten. Journal of Cereal Science*, 35: 307-313.
- Kim, S.L. and B.L. D'Appolonia. 1977. *Bread staling studies. III. Effect of pentosans on dough, bread and bread staling rate. Cereal Chemistry*, 54: 225-229.

- Kihlberg, I., L. Johansson, A. Kohler and E. Risvik. 2004. Sensory qualities of whole wheat pan bread – influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of Cereal Science*, 39: 67-84.
- Kohler, P. 2001a. Study of the effect of DATEM. 4. Optimization of DATEM Synthesis. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 24:367-368.
- Kohler, P. 2001b. Study of the effect of DATEM. 2. Synthesis and Characterization of DATEM components. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 34: 359-366.
- Kohler, P. 2001c. Study of the effect of DATEM. 3. Synthesis and Characterization of DATEM Components. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 34: 365-369.
- Kruger, J.E. and D.W. Hatcher. 1995. FY sedimentation test for evaluation of flour quality of Canadian wheat. *Cereal Chemistry*, 72: 33-37.
- Kugler, W.F. and E.F. Godoy. 1964. Cereales Mayores. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires.
- Kuktaite, R., H. Larsson and E. Johansson. 2004. Variation in protein composition of wheat flour and its relationship to dough mixing behaviour. *Journal of Cereal Science*, 40: 31–39.
- Labuschagne, M.T., O. Elago and E. Koen. 2009. The influence of temperature extremes on some quality and starch characteristics in bread, biscuit and durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 49: 184–189.
- Ladizinsky, G. 1985. Autor citado en: [http://www.cucba.udg.mx/new/informacion\\_academica/coaxican/agricultura/origagr.htm](http://www.cucba.udg.mx/new/informacion_academica/coaxican/agricultura/origagr.htm)
- Lagudah, E.S., L. O'Brien and G.M. Halloran. 1988. Influence of gliadin composition and high molecular weight subunits of glutenin on dough properties in an F3 population of a bread wheat cross. *Journal of Cereal Science*, 7: 33-42.
- Larroque O.R., F. Bekes, C.W. Wrigley, W.G. Rathmell, P.R. Shewry and A.S. Tatham. 2000 *Wheat Gluten*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 136–139.

- Lazaridou, A., D. Duta, M. Papageorgiou, N. Belc and C.G. Biliaderis. 2007. *Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047.
- León A.E. y C.M. Rossell. 2007. *De tales harinas tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Ediciones Báez.*
- Lerner, S.E., M. Cogliatti, N.R. Ponzio, M.L. Seghezzo, E.R. Molfese and W.J. Rogers. 2004. *Genetic variation for grain protein components and industrial quality of durum wheat cultivars sown in Argentina. Cereal Chemistry*, 40: 161-166.
- Lerner S.E. y N.R. Ponzio. 2003. *Catálogo de Variedades, gluteninas de alto peso molecular. Cátedra de Cereales y Oleaginosas, FAA, UNCPBA.*
- Lezcano, E. 2007. *Trigo y sus derivados. Análisis de la cadena alimentaria. Alimentos Argentinos nro. 37.*
- Lin, P.F, S.H. Chiang and C.Y. Chang. 2003. *Comparison of rheological properties of dough prepared with different wheat flours. Journal of Food and Drug Analysis*, 11: 220–225.
- Lindsay M.P. and J.H. Skerritt. 1999. *The glutenin macropolymer of wheat flour doughs: structure-function perspectives. Trends in Food Science & Technology*, 10: 247-253.
- Linlaud, Natalia. 2005. *Efectos de agentes emulsionantes sobre la calidad de masa panaria Tesis de grado. Lic. Tecnología de los Alimentos. Univ. Nacional de Rosario. Argentina.*
- Linlaud, N.E., M. C. Puppo and C. Ferrero. 2009. *Effect of Hydrocolloids on Water Absorption of Wheat Flour and Farinograph and Textural Characteristics of Dough. Cereal Chemistry*, 86 (4): 376–382.
- Liu, Z.H., H.Y. Wang, X.E. Wang, G.P. Zhang, P.D. Chen and D.J. Liu, 2006. *Genotypic and spike positional difference in grain phytase activity, phytate, inorganic phosphorus, iron, and zinc contents in wheat (Triticum aestivum L.). Journal of Cereal Science*, 44: 212–219
- Liyana-Pathlrana, C.M. and F. Shahidi. 2007. *Antioxidant and free radical scavenging activities of whole wheat and milling fractions. Food Chemistry*, 101: 1151-1157.

- Loussert C, Y. Popineau and, C. Mangavel. 2008. Protein bodies ontogeny and localization of prolamin components in the developing endosperm of wheat caryopses. *Journal of Cereal Science*, 4: 445–456.
- Mabile, F., J. Grill and J. Abecassis. 2001. Mechanical properties of wheat seed coats. *Cereal Chemistry*, 78(3): 231-235.
- MacRitchie, F. 1999. Wheat proteins: characterization and role in flour functionality. *Cereal Foods World*, 44: 188-193.
- MacRitchie, F., D.L. du Cros, and C.W. Wrigley. 1990. Flour polypeptides related to wheat quality. *Advances in Cereal Science and Technology*, 10 (Y. Pomeranz, ed.), AACC, St Paul, MN pp. 79–145.
- Martin, D.J. and B.G. Stewart. 1986. Dough mixing properties of a wheat-rye derived cultivar. *Euphytica*, 35: 225-232.
- Matz, S. 1999. *Bakery Technology and Engineering*, 3° Edition. Editado por Matz, S. PanTech International, USA.
- Meilgaard, M, G.V. Civille and B. Thomas Carr. 2007. *Sensory evaluation techniques*. IVrd edition. Taylord and Francis eds. 448 pg.
- Menjivar, J.A. 1990. Fundamental aspects of Dough Rheology, chapter 1, in *Dough Rheology and baked product texture*, Ed by Hamed Faridi and Jon M. Faubion, Van Nostrand Reinhold.
- Meredith, O. B. and J.J. Wren. 1966. Determination of molecular weight distribution in wheat-flour proteins by extraction and gel filtration in a dissociating medium. *Cereal Chemistry*, 43:169.
- Metakovsky, E.V., I. Felix and G. Branlard. 1997. Association between dough quality (*W* value) and certain gliadin alleles in French common wheat cultivars. *Journal of Cereal Science*, 26: 371-373.
- Michniewicz, J., C.G. Biliaderis and W. Bushuk. 1990. Water-insoluble pentosans of wheat: Composition and some physical properties. *Cereal Chemistry*, 67: 434-439.
- Michniewicz, J., C.G. Biliaderis and W. Bushuk. 1991. Effect of added pentosans on some physical and technological characteristics of dough and gluten. *Cereal Chemistry*, 68: 252-258.

- Mikhaylenko, G.G., L. Czuchajowska, B-K. Baik and K.K. Kidwell. 2000. *Environmental influences on flour composition, dough rheology and baking quality of spring wheat. Cereal Chemistry, 77(4): 505-511*
- Miranda, R, 2001. *Calidad comercial e industrial. En Trigo. Cuaderno de actualización 63 de AACREA, pp 113-117.*
- Mosleth, E. and A.K. Uhlen. 1990. *Identification of quality-related gliadinas and prediction of bread-making quality of wheat from the electrophoretic patterns of gliadinas and high molecular weight subunits of glutenins. Norwegian Journal of Agricultural Science, 4, 27-45.*
- Müller, M., J.R. Muth, P. Gallusci, S. Knudsen, M. Maddaloni, M. Motto, D. Schmitz, M.B. Sorensen, F. Salamini, D. von Wettstein and R.D. Thompson. 1995. *Regulation of storage protein synthesis in cereal seeds: developmental and nutritional aspects. Journal of Plant. Physiology, 145: 606-613.*
- Nieto-Taladriz, M. T., M. Ruiz, M.C. Martinez, J.F. Vazquez, and J.M. Carrillo. 1997. *Variation and classification of B low-molecular-weight glutenin subunit alleles in durum wheat, Theoretical and Applied Genetic, 95:1155–1160.*
- Owens, G. 2001. *Wheat, corn and coarse grains milling. En Cereals processing technology. Ed by Gavin Owens. Chapter 3. CRC Press. Boca Ratón. Woodhead Publishing Limited. Cambridge England.*
- Palacios M.C., M. Haros, C.M. Rosell and Y. Sanz. 2008b. *Selection of phytate-degrading human bifidobacteria and application in whole wheat dough fermentation. Food Microbiology, 25: 169–176.*
- Panozzo, J.F. and H.A. Eagles. 1999. *Rate and duration of grain filling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivars grown in different environments. Australian Journal of Agricultural Research, 50: 1007-1015.*
- Pantanelli A. 2003. *Cadenas Alimentarias: Harina de trigo. Alimentos Argentinos, 22: 25-28.*
- Payne, P. I. 1987. *The genetical basis of breadmaking quality in wheat. Aspects of Applied Biology, 15: 79-90.*
- Payne, P.I., K.G. Corfield, L. Holt and J.A. Blackman. 1981. *Correlations between the inheritance of certain high-molecular-weight subunits of glutenin*

- and bread-making qualities in progenies of six crosses of bread wheat. Journal of the Science of Food and Agriculture, 32:51-60.*
- Payne, P.I., L.M. Holt, E.A. Jackson and C.N. Law. 1984. *Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation for plan breeding. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. 304:359-371.*
- Payne, P.I. and G.D. Lawrence. 1983. *'Catalogue of Alleles for the Complex Gene Loci Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 which Code for High Molecular Weight Subunits of Glutenin in Hexaploid Wheat' in Cereal Res. Commun., 11, 29–35.*
- Payne, P.I., M.A. Nightingale, A.F. Krattiger and L.M. Holt. 1987. *The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. Journal of the Science of Food and Agriculture, 40:51-66.*
- Payne, P.I., W.J. Rogers, J.A. Seekings and E.J. Sayers. 1991. *Effect of breadmaking quality of x-type high molecular weight subunits of glutenin. Journal of Cereal Science, 14:209-221.*
- Pazos, M. S. y S.A. Mestelan. 2005. *Impacto del cambio en los sistemas productivos sobre algunas propiedades edáficas. Centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Investigaciones Agronómicas del Cono Sur. 14: 8-10. Editorial: INPOFOS (IPNI) Cono Sur ISSN: ISSN: 1666-7115*
- Penella J.M. and C. Collar. 2008: *Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread. Journal of Cereal Science, 48: 715–721.*
- Peterson, C.J., R.A. Graybosch, D.R. Shelton and P.S. Baenziger. 1998. *Baking quality of hard winter wheat: response of cultivars to environment in the Great Plains. Euphytica, 100: 157-162.*
- Philippe S., L. Saulnie and F. Guillon. 2006. *Arabinoxylan and (1/3),(1/4)-b-glucan deposition in cell walls during wheat endosperm development. Planta 224: 449–461.*
- Pomeranz, Y. 1985. *Functional properties of Food Components, Chapter 10, Some traditional foods, pp. 377-264. Academic Press, INC, Orlando, Florida, USA.*

- Pomeranz, Y. 1988. *Composition and functionality of wheat flour components*. In *Wheat: Chemistry and Technology*. 219-370. American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, MN.
- Ponzio, N.R., C. Ferrero and M.C. Puppo . 2008 *Influence of additives on physical, textural and sensorial properties of breads obtained with Argentinean varietal flours*. 13th ICC Cereal and Bread Congress. *Cereals in the 21st Century: present and future*. Madrid, España.
- Ponzio, N.R., M.C. Puppo and C. Ferrero. 2008. *Mixtures of two argentinian wheat cultivars of different quality: a study on breadmaking performance*. *Cereal Chemistry*, 85:579-585. ISSN 009-0352.
- Ponzio, N.R., C. Ferrero and M.C. Puppo, 2010. *Wheat varietal flours: influence of pectina and datem on dough and bread quality*. Submitted to *International Journal of Food Properties* in feb 2010, reviewed and accepted in may 2010
- Požrl T., M. Kopjar, I. Kurent, J. Hribar, A. Janeš and M. Simèiè. 2009. *Phytate degradation during breadmaking: The influence of flour type and breadmaking procedures*. *Czech Journal of Food Sciences*, 27: 29–38.
- Prabhasankar, P. 2002. *Electrophoretic and immunochemical characteristics of wheat protein fractions and their relationship to chapati-making quality*. *Food Chemistry*, 78: 81–87.
- Programa Nacional de Calidad de Trigo. 2004. SAGPyA.
- Puppo, M.C., A. Calvelo and M. C. Añón. 2005. *Physicochemical and Rheological Characterization of Wheat Flour Dough*. *Cereal Chemistry* 82(2):173–181.
- Quílez, J., J.A. Ruíz and M.P. Romero. 2006. *Relationships between sensory flavor evaluation and volatile and nonvolatile compounds in commercial wheat bread type Baguette*. *Journal of Food Science*, vol 71, 6: 423-427.
- Radovanovic, N., S. Cloutier, D. Brown, D.G. Humphreys and O.M. Lukow. 2002. *Genetic variance for gluten strength contributed by high molecular weight glutenin proteins*. *Cereal Chemistry*, 79: 843-849.
- Rajaram, S., C.H.E. Mann, G. Ortiz-Ferrara, and A. Mujeeb-Kazi. 1983. *Adaptation, stability and high yield potential of certain 1b/1r CIMMYT wheat*.

- Pages 613-621 in: *Proc. Int. Wheat Genet. Symp., 6th.* S. Sakamoto, ed. Plant Germplasm Institute, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto.
- Ram, S., V. Dawar, R.P. Singh and J. Shoran. 2005. Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 42: 261–266.
- Ravi, R., Sai Manohar, R. and P. Haridas Rao. 2000. Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. *European Food Research and Technology*, 210 (2), 202-208.
- Remondetto, G., M.C. Añón and R.J. González. 2001. Hydration properties of soybean protein isolates. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44: 425-431.
- Ribotta, P. D., S.F. Ausar, D.M. Beltramo and A.E. León. 2005. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins. *Food Hydrocolloids*, 19: 93-99.
- Ritchie, S., S.J. Swanson and S. Gilroy. 2000. Physiology of the aleurone layer and starchy endosperm during grain development and early seedling growth: new insights from cell and molecular biology. *Seed Science Research*, 10: 193-212.
- Robertson, A. R. 1977. The CIE 1987 color-difference formulae. *Color Research and Application*, 2: 7-11.
- Roels, S.P., P.J. Grobet and J.A. Delcour. 1998. Distribution of carbohydrates in gluten fractions isolated from European wheats (*Triticum aestivum* L.) in a batter system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 34-1343.
- Rogers, W.J., P.I. Payne, and K. Harinder. 1989. The HMW Glutenin Subunits and gliadin compositions of german-grown wheat varieties and their relationship with bread-making quality. *Plant Breeding*, 103: 89-100.
- Rojas, J.A., C.M. Rossell, C. Benedito, I. Pérez-Munuera and M.A. Llunch. 2000. The baking process of wheat rolls followed by cryo scanning electron microscopy. *European Food Research and Technology*, 212: 57-63.
- Rossell, C.M., J.A. Rojas and C. Benedito de Barber. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15: 75-81.

- Rosell, C.M., E. Santos and C.Collar. 2006. *Mixing properties of fibre enriched wheat bread doughs: a response surface methodology study. European Food Research and Technology*, 223: 333–340.
- Rouau, X. and D. Moreau. 1993. *Modification of some physicochemical properties of wheat flour pentosans by an enzyme complex recommended for baking. Cereal Chemistry*, 70: 626-632.
- Rouau, X, M-L. Ei-Hayek and D. Moreau. 1994. *Effect of an enzyme preparation containing pentosanases on the bread-making quality of flours in relation to changes in pentosan properties. Journal of Cereal Science*, 19: 259-272.
- Rumbo, Martín. 1999. *Análisis de prolaminas en alimentos. Desarrollos metodológicos y estudio del efecto del tratamiento térmico. Tesis Doctoral, UNLP.*
- Sanz Penella, J.M., C. Collar and M. Haros. 2008. *Effect of wheat bran and enzyme addition on dough rheological performance and phytic acid levels in bread. Journal of Cereal Science*, 48: 715–721.
- Sapirstein, H.D. and B.X. Fu. 1998. *Intercultivar variation in the quantity of monomeric proteins, soluble and insoluble glutenin, and residue protein in wheat flour and relationships to breadmaking quality. Cereal Chemistry*, 75: 500–507.
- Sapirstein H.D., P. David, K.R. Preston and J.E. Dexter. 2007. *Durum wheat breadmaking quality: effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time. Journal of Cereal Science*, 45: 150–161.
- Satorre, E.; R. Benez-Arnold; G. Slafer; E. de la Fuente; D. Miralles; M. Otegui y R. Savin. 2003. *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Ed.: Facultad de Agronomía, UBA.*
- Scanlon, M.G., H.D. Sapirstein and D. Fahloul. 2000. *Mechanical properties of bread crumb prepared from flours of different dough strength. Journal of Cereal Science*, 32: 235-243.
- Schofield, J.D. and M.R. Booth. 1983. *Wheat proteins and their technological significance, en Developments in Food Proteins-2 Ch 1 Ed. Hudson, B.J.F. Applied Science Publishers.*

- Schuster, I M., A.A. Alves de Souza, C. Cardoso, S. Sedyama and M.A. Moreira. 1997. Correlation between high molecular weight gluten subunits composition and bread-making quality in Brazilian wheat. *Brazilian Journal of Genetics*, vol. 20 no. 4.
- Shepherd R. 1989. Factors influencing food preferences and choices. In: Shepherd R. editor. *Handbook of the psychophysiology of human eating*. Chichester, NY: John Wiley and Sons Inc., p 3-24.
- Shewry, P.R., A.S.Tatham, J. Forde, M. Kreis and B.J. Mifflin. 1986. The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. *Journal of Cereal Science*, 4: 97-106.
- Shewry, P.R. and A.S. Tatham. 1990 The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution. *Biochemical Journal*, 267: 1-12.
- Shewry, P.R. and A.S. Tatham. 1997a. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. *Journal of Cereal Science*, 25: 207-227.
- Shewry P.R. 1999. The synthesis, processing, and deposition of gluten proteins in the developing wheat grain. *Cereal Foods World*, 44, 587–589.
- Shewry, P.R., Y. Popineau, D. Lafiandra and P. Belton. 2001. Wheat glutenin subunits and dough elasticity: findings of the Eurowheat Project. *Trend in Food Science & Technology*, 11: 433-441.
- Shewry, P.R. and N. G. Halford. 2002. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 53, No. 370, *Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue*, pp. 947–958.
- Shewry, P.R., N.G. Halford, A.S. Tatham, Y. Popineau, D. Lafiandra and P.S. Belton. 2003. The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining wheat processing properties. In: *Advances in Food and Nutrition Research*, vol. 45. Elsevier Science Ltd, pp. 219-302.
- Shewry, P.R. and H.D. Jones. 2006. Transgenic wheat: where do we stand after the first 12 years? *Annals of Applied Biology* 147: 1-14.
- Singh, N.K., K.W. Shepherd and G.B. Cornish. 1991. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenins. *Journal of Cereal Science*, 14: 203-208.

- Sing, N.K. and F. MacRitchie. 2001. Application of polymer science to properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 33: 231–243.
- Skerritt, J.H., L. Hac and F. Bekes. 1999. Depolymerization of the Glutenin Macropolymer During Dough Mixing: I. Changes in Levels, Molecular Weight Distribution, and Overall Composition. *Cereal Chemistry*, 76(3):395–401.
- Skerritt, J.H., L. Hac, M.P. Lindsay and F. Bekes. 1999. Depolymerization of the Glutenin Macropolymer During Mixing: II. Differences in Retention of Specific Glutenin Subunits. *Cereal Chemistry*, 76(3):402–409.
- Sluimer, P. 2005. Principles of breadmaking. *Functionality of Raw materials and Process Steps*. AACC, St. Paul, Minnesota, USA.
- Smith, A.C. 2004. Chapter 3: Texture and mastication, in *Texture in food*, vol 2: Solid foods. Woodhead Publishing Ltd. And CRC Press LLC.
- Stauffer, C.E. 1990. *Functional Additives for Bakery Foods*. Published by Van Nostrand Reinhold, New York. Ch. 3, 5 y 11.
- Steffe, J.F. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. 2<sup>nd</sup> Ed. Freeman Press, USA, Ch. 5 Viscoelasticity.
- Stone, H. and J.L. Sidel. 1985. *Sensory Evaluation Practices*, pp. 13-19. Academic Press Inc. Boca Raton, Orlando. EEUU.
- Stone, P.J. and M.E. Nicolas. 1994. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stresses. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21:887-900.
- Stone, P.J. and M.E. Nicolas. 1996. Varietal differences in mature protein composition of wheat resulted from different rates of polymer accumulation during grain filling. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23:727-737.
- Stone, P.J. and R. Savin. 1999. Grain quality and its physiological determinants. Pp 85-120. En: E.H. Satorre y G. A. Slafer (eds) *Wheat: Ecology and Physiology of Yield determination*. Food Product Press, New York, USA.
- Sutton, K.H. 1991. Qualitative and quantitative variation among high molecular weight subunits of glutenin detected by reversed-phase high performance liquid chromatography. *Journal of Cereal Science*, 14: 25-34.

- Takayama, T., N. Ishikawa and S. Taya. 2006. The effect to the protein concentration and flour quality of nitrogen fertilization at 10 days after heading in wheat. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 40: 291-297.
- Tarabiono, C. 1979. *Manuale pratico per la macinazione del grano*. Editorial CHIRIOTTI, Italia.
- Triboi, E., A. Abad, A. Michelena, J. Lloveras, J.J. Ollier and C. Daniel. 2000. Environmental effects on the quality of two wheat genotypes: quantitative and qualitative variation of storage proteins. *European Journal of Agronomy*, 13:47-64.
- Triboi, E. and A.M. Triboi-Blondel. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. *European Journal of Agronomy*, 16: 163-186.
- Tronsmo, K.M., E.M. Færgestad, J.D. Schofield and E.M. Magnus. 2003c. Wheat protein quality in relation to baking performance evaluated by the Chorleywood bread process and a hearth bread baking test. *Journal of Cereal Science*, 38:205-215.
- Turnbull, K.M. and S. Rahman. 2002. Endosperm texture in wheat. *Journal of Cereal Science*, 36, 327-337.
- Uhlen, A. K., S. Sahlstrøm, E.M. Magnus, E.M. Færgestad, J.A. Dieseth and K. Ringlund. 2004. Influence of genotype and protein content on the baking quality of hearth bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84:887-894.
- Velázquez Alvarez, J. 2010. *Aditivos en los productos comestibles, funciones, origen y efectos secundarios*. Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de Ponce, Departamento de Educación y Ciencias Sociales.
- Veraverbeke, W.S. and J.A. Delcour. 2002. Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(3):179–208.
- Vermeir, I. and W. Verbeke. (2004), “Sustainable Food Consumption: Exploring the Consumer Attitude-Behavior gap”, working paper.
- Wagner, M.J., T. Lucas, D. Le Ray and G. Trystram. 2007. Water transport in bread during baking. *Journal of Food Engineering* 78: 1167–1173.

- Wandel, M. and A. Bugge. 1987. *Environmental concern in consumer evaluation of food quality. Food Quality and Preference*, 8(1): 19-26.
- Wang, M. 2003. *Effect of Pentosans on Gluten Formation and Properties. Tesis de grado. Wageningen Universiteit*,
- Wang, M., T. van Vliet and R. J. Hamer. 2002. *Interaction of water extractable pentosanos with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality. Journal of Cereal Science*, 36, 25-37.
- Wardlaw, C.M. and C.M. Wrigley. 1994. *Heat tolerance in temperate cereals: An overview. Australian Journal of Plant Physiology*, 21:695-703.
- Weegels, P.L. 1994. *Depolymerisation and Re-polymerisation of wheat glutenins during processing and effect of low MW wheat proteins. Thesis, Kings College London.*
- Weegels, P.L., R.J. Hamer and D. Schofield. 1996. *Critical Review. Functional Properties of wheat glutenin. Journal of Cereal Science*, 23: 1-18.
- Weegels, P.L., J.P. Marseille and R.J. Hamer. 1998. *Small scale separation of wheat flour into starch and gluten. Starch*, 40: 342-346.
- Wieser, H. 2007. *Chemistry of gluten proteins. Food Microbiology*. 24: 115-119.
- Wieser, H., W. Seilmeier and H. Belitz. 1994. *Use of RP-HPLC for a better understanding of the structure and the functionality of wheat gluten proteins, In «HPLC of cereal and legume proteins» J.E, Kruger, J.A, Bietz, eds, American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, U.S.A, 235- 272.*
- Williams, P. 1998. *Variety development and quality control of wheat in Canada. Conference paper. Canadian Grain Commission.*
- Wrigley, C.M., C. Blumenthal, P.W. Gras and W.R. Barlow. 1994. *Temperature variation during grain filling and changes in wheat grain quality. Australian Journal of Plant Physiology*, 21:875-885.
- Wurzburg, O.B. 1986. *Modified starches: properties and uses, Chapter 1. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.*
- [www.bolcereales.com.ar](http://www.bolcereales.com.ar)
- [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [www.geocities.com/cereales\\_2003/trigo/historia.doc](http://www.geocities.com/cereales_2003/trigo/historia.doc)
- [www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)

[www.puc.cl/sw\\_educ/cultivos](http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos)

[www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar)

[www.usda.gov](http://www.usda.gov)

Xiujin, Z., S. Jinquan and L. Zaigui. 2007. *Effects of DATEM on Dough Rheological Characteristics and Qualities of CSB and Bread*. *Cereal Chemistry*, 84(2):181–185.

Yiridoe, E.K., S. Bonti-Ankomah. and R.C. Martin. 2005. *Comparison of consumers perceptions and preferences toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature*. *Renewable Agriculture and Food System*. Vol 20, pp 193-205, 9<sup>th</sup> Malaysia Plan (2006-2010) Ch. 22.

Zeller, F.J. 1973. *1B/1R wheat-rye chromosome substitution and translocations*. En: E.R. Sears and L.M.S. Sears eds. *Proc. 4<sup>th</sup> <int. Wheat Genet. Symp.* University of Missouri, Columbia, Mo, pp. 209-221.

Zeller, F.J. and S.L.K. Hsam. 1983. *Broadening the genetic variability of cultivated wheat by utilizing rye chromatin*. En: S. Sakamoto ed. *Proc. 6<sup>th</sup>. International Wheat Genetics Symposium*. Plant Germplasm Institute, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan, pp. 161-173.

Zghal, M.C., M.G. Scanlon, and H.D. Sapirstein. 2001. *Effects of flour strength, baking absorption, and processing conditions on the structure and mechanical properties of bread crumb*. *Cereal Chemistry*, 78:1-7.

Zhang, W.F. 1993a. *Basic theories of food emulsifier*. Page 21 in: *Food Emulsifier*. China Light Industry Press: Beijing.

Zhao, F.J., M.J. Hawkesford and S.P. McGrath. 1999. *Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat*. *Journal of Cereal Science*, 30: 1-17.

Zhao, F.J., Y.H. Su, S.J. Dunhama, M. Rakszegi , Z. Bedo, S.P. McGrath and P.R. Shewry. 2009. *Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin*. *Journal of Cereal Science*, 49: 290–295.

Zheng, S., P.F. Byrne, G. Bai, X. Shan, S.D. Reid, S.D. Haley and B.W. Seabourn. 2009. *Association analysis reveals effects of wheat glutenin alleles and rye translocations on dough-mixing properties*. *Journal of Cereal Science*, 50: 283–290.

## ANEXO I

### Calidad industrial de variedades Trigo Pan

#### Variedades ordenadas alfabéticamente por Criaderos

<p style="text-align: center;"><b>GRUPO 1</b></p> <p style="text-align: center;">Panificación Industrial</p> <p style="text-align: center;"><b>Correctores</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>GRUPO 2</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Trigos para Panificación</b></p> <p style="text-align: center;">Tradicional</p> <p style="text-align: center;">(+ 8 horas de fermentación)</p>	<p style="text-align: center;"><b>GRUPO 3</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Trigos para Panificación</b></p> <p style="text-align: center;">Directa</p> <p style="text-align: center;">(- 8 horas de fermentación)</p>
ACA 302*	ACA 223	BAGUETTE 10 *
BUCK PONCHO	ACA 303*	BAGUETTE SUR 5 *
<u>BUCK PRONTO</u>	ACA 601*	BAGUETTE SUR 15 *
BUCK PANADERO	ACA 801*	BUCK GUARANI
BUCK ARRIERO	BAGUETTE PREMIUM 13*	BUCK CHAMBERGO
BUCK YATASTO	BUCK CHARRUA	BUCK HALCON
BUCK FAROL	BUCK ARRAYAN	KLEIN PEGASO
BUCK GUAPO	BUCK GUATIMOZIN *	KLEIN DRAGON
BUCK SUREÑO	BUCK PINGO *	KLEIN CACIQUE
BUCK BRASIL	BUCK MATACO*	KLEIN MARTILLO
BUCK BIGUA*	COOPERACION NAHUEL	POINTA BON. POTRILLO*
CAUDILLO	COOPERACION CALQUIN	POINTA QUINTAL
COOPERACION LIQUEN	COOPERACION HUEMUL	POINTA OASIS
KLEIN DELFIN	GREINA	
KLEIN PROTEO*		

KLEIN SAGITARIO	INTA B 16595*	
PROINTA BON. ALAZAN	INTA J 97084*	
PROINTA COLIBRI	INIA PLUS 14*	
PROINTA HUENPAN	INIA TIJERETA *	
PROINTA MOLINERO	LE 2249 *	
PROINTA REAL	KLEIN ESTRELLA	
PROINTA BON. HURÓN	KLEIN VOLCAN	
PROINTA BON. PAYADOR*	KLEIN DON ENRIQUE	
	KLEIN ESCORPION	
	<u>KLEIN ESCUDO</u>	
	KLEIN CHAJÁ *	
	KLEIN FLECHA*	
	KLEIN JABALÍ *	
	PROINTA PUNTAL	
	PROINTA FEDERAL	
	PROINTA IMPERIAL	
	PROINTA BON. REDOMON	
	PROINTA ELITE	
	PROINTA MILENIUM	
	PROINTA DON UMBERTO	
	PROINTA GRANAR	
	PROINTA GAUCHO	

\* Categorización provisoria según la información provista por el obtentor.  
MAYO de 2003. Este listado se actualiza anualmente.

## **ANEXO II Propuesta de clasificación de trigo. AAPROTRIGO-INTA Año 2002.**

Definición de tipos y clases de trigo argentino

TIPOS: Trigo Duro, Trigo Blando, Trigo Candeal, Trigo Forrajero

Clases de Trigo Duro:

- **TDA 1 Superior** (Trigo Duro Argentino 1 Superior)

Formada por variedades de Grupo 1 de calidad con 3 bandas de proteínas:

- TDA 1 con banda de proteínas entre 10,5 % - 11,5 %.
- TDA 1 con banda de proteínas entre 11,6 % - 12,5 % .
- TDA 1 con banda de proteínas de más de 12,5%.

- **TDA 2 Especial** (Trigo Duro Argentino 2 Especial)

Formada por variedades de Grupo 1 con proteínas entre 10,0% y 10,5% y las **variedades de Grupo 2 con 3 bandas de proteínas.**

- TDA 2 con banda de proteínas entre 10,0 % - 11,0 %.
- TDA 2 con banda de proteínas entre 11,0 % - 12,0 % .
- TDA 2 con banda de proteínas de más de 12,0%.

**TDA 3 Estándar** (Trigo Duro Argentino 3 Estándar)

Formada por **variedades de Grupo 3** con 2 bandas de proteínas:

- TDA 3 con banda de proteínas entre 10,0 % - 11,0 %.
- TDA 3 con banda de proteínas de más de 11,0%.

Estas clases a su vez se agruparían en 3 regiones: Norte (Puerto Rosario), Sud Este (Puerto Necochea) y Sur Oeste (Puerto Bahía Blanca). Con esta propuesta se podrían lograr 27 Clases para el trigo argentino, 8 por cada región.

En todos los casos, el nivel de proteínas mínimo por clase es para asegurar funcionalidad o capacidad de uso industrial, ya que por debajo de 10% se consideran no panificables los trigos. Las proteínas pasarían a formar parte de la transacción comercial, debiendo cotizar en el mercado una Clase determinada a mayor precio a medida que aumenta la banda de proteínas.

## **Norma de Comercialización de Trigo Pan**

**Res. 1262 / 2004**  
**NORMA XX**  
**TRIGO PAN**

Buenos Aires, 14/12/2004

VISTO el Expediente N° 15.694/2002 del Registro del SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA, organismo descentralizado en la órbita de la SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTOS del entonces MINISTERIO DE LA PRODUCCION, la Resolución N° 1.075 del 12 de diciembre de 1994 de la ex SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA del entonces MINISTERIO DE ECONOMIA Y OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS, su modificatoria N° 557 del 11 de agosto de 1997 de la ex SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTACION del mencionado Ministerio, y CONSIDERANDO:

Que es necesario efectuar modificaciones a la norma de calidad para la comercialización de trigo pan, con vistas a mejorar su competitividad en los mercados internacionales. Que de acuerdo a las negociaciones que se han llevado a cabo con el MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ABASTECIMIENTO de la REPUBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL surgió la necesidad de brindar un producto con mayor aceptabilidad y rendimiento industrial.

Que un reordenamiento en pautas de comercialización en el mercado interno facilitará los embarques de mercadería de mejor calidad.

Que los parámetros estudiados a mejorar corresponden a materias extrañas y granos quebrados y/o chuzos.

Que se hace necesario desalentar la mezcla de lotes con diferentes contenidos de proteína, estableciendo un sistema de descuentos crecientes y fijando un peso hectolítrico mínimo para el sistema de bonificaciones.

Que consultados los sectores de la producción solicitaron una gradualidad en las modificaciones que se reglamentan, situación que se contempla fijándose tolerancias para DOS (2) campañas consecutivas.

Que es menester fijar bonificaciones y rebajas para los distintos grados de clasificación, a efectos de establecer un mejor equilibrio para mercaderías de presentaciones diferenciales. Que todos los sectores de la cadena comercial han sido consultados a efectos de la presente reglamentación.

Que la Dirección Nacional de Fiscalización Agroalimentaria dependiente del SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA, organismo descentralizado en la órbita de la SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTOS del MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION, ha tomado la intervención que le corresponde, expidiéndose favorablemente sobre las modificaciones que se reglamentan. Que el Consejo de Administración del SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA ha tomado la debida intervención.

Que la Dirección de Legales del Area de AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTOS dependiente de la Dirección General de Asuntos Jurídicos del MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION, ha tomado la intervención que le compete.

Que la presente resolución se dicta en ejercicio de las atribuciones conferidas en función de lo dispuesto por el Artículo 8°, inciso e) del Decreto N° 1585 del 19 de diciembre de 1996, sustituido por su similar N° 680 de fecha 1 de septiembre de 2003 y por el Decreto N° 25 de fecha 27 de mayo de 2003, modificado por su similar N° 1359 de fecha 5 de octubre de 2004.

Por ello,

**EL SECRETARIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTOS**  
**RESUELVE:**

Artículo 1° — Apruébase la "Norma de Calidad para la Comercialización de Trigo Pan – NORMA XX TRIGO PAN" que, como Anexo, forma parte integrante de la presente resolución.

Art. 2° — Sustitúyese la Norma XX de la Resolución N° 1.075 de fecha 12 de diciembre de 1994 de la ex SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA del entonces MINISTERIO DE ECONOMIA Y OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS, por la Norma aprobada por el Artículo 1° de la presente resolución.

Art. 3° — La presente resolución tendrá vigencia para las operaciones de entrega que se efectúen a partir del 1 de octubre del año 2005, y a partir del 1 de octubre del año 2006 para el caso que así se indique.

Art. 4° — Comuníquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial y archívese.

Firmado: Miguel S. Campos. (Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos)

## ANEXO XX

### NORMA DE CALIDAD PARA LA COMERCIALIZACION DE TRIGO PAN NORMA XX TRIGO PAN

1. Se entiende por trigo pan, a los efectos de la presente reglamentación, a los granos de la especie *Triticum aestivum*.
2. TIPO: El trigo pan se clasificará en DOS (2) tipos: Duro y Semiduro. La clasificación de los trigos en los tipos establecidos se hará en base a su identificación varietal y las variedades incluidas en cada tipo serán las que determine la SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTOS del MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION. El tipo duro admitirá como máximo una tolerancia del CINCO POR CIENTO (5%) de variedades del tipo semiduro.
3. Para cada tipo se establecen los siguientes grados y respectivas especificaciones:

#### TOLERANCIAS MAXIMAS PARA CADA GRADO.

##### 3.1. Con vigencia a partir del 1 de octubre de 2005:

GRADO	Peso Hectolitrico	Materias Extrañas	Granos Dañados		Granos con Carbón	Granos Panza Blanca	Granos Quebrados y/o Chuzos
			Granos Andidos y/o Dañados por Calor	Total Dañados			
	Min. Kg/Hl	%	%	%	%	%	%
1	79,00	0,40	0,50	1,00	0,10	15,00	0,80
2	76,00	1,00	1,00	2,00	0,20	25,00	1,80
3	73,00	2,25	1,50	3,00	0,30	40,00	3,50

##### 3.2. Con vigencia a partir del 1 de octubre de 2008:

GRADO	Peso Hectolitrico	Materias Extrañas	Granos Dañados		Granos con Carbón	Granos Panza Blanca	Granos Quebrados y/o Chuzos
			Granos Andidos y/o Dañados por Calor	Total Dañados			
	Min. Kg/Hl	%	%	%	%	%	%
1	79,00	0,20	0,50	1,00	0,10	15,00	0,50
2	76,00	0,80	1,00	2,00	0,20	25,00	1,20
3	73,00	1,50	1,50	3,00	0,30	40,00	2,00

#### 4. FUERA DE ESTANDAR:

La mercadería que exceda las tolerancias del GRADO 3 o que exceda las siguientes especificaciones, será considerada fuera de estándar.

4.1. Humedad: CATORCE POR CIENTO (14 %).

4.2. Picado: CERO COMA CINCUENTA POR CIENTO (0,50 %).

4.3. Insectos y/o arácnidos vivos: Libre.

4.4. Semillas de trébol de olor ( *Melilotus sp.* ): OCHO (8) cada CIEN (100) gramos.

4.5 Asimismo, aquel trigo pan que presente olores comercialmente objetables,

granos punta negra por carbón, granos punta sombreada por tierra, granos revolcados en tierra, aquel tratado con productos que alteren su condición natural, o que por cualquier otra causa sea de calidad inferior, también será considerado fuera de estándar.

#### **5. GRADO:**

Dentro del tipo contratado el comprador está obligado a recibir mercadería de cualquiera de los TRES (3) GRADOS establecidos en este estándar.

5.1. BONIFICACIONES Y REBAJAS POR GRADO EN EL PRECIO GRADO 1: Bonificación UNO COMA CINCO POR CIENTO (1,5 %). GRADO 2: Sin Bonificación ni Rebaja. GRADO 3: Rebaja UNO POR CIENTO (1 %).

#### **6. DEFINICIÓN DE LOS RUBROS DE CALIDAD Y CONDICION DE LA MERCADERIA.**

##### **6.1 RUBROS DE CALIDAD DETERMINANTES DEL GRADO.**

6.1.1 Peso hectolitro: Es el peso de un volumen de CIEN (100) litros de trigo tal cual, expresado en kilogramos por hectolitro.

6.1.2. Materias extrañas: Son aquellos granos o pedazos de granos que no son de trigo pan y toda otra materia inerte.

6.1.3. Granos dañados: Son aquellos granos o pedazos de granos que presentan una alteración sustancial en su constitución. Se consideran como tales a los ardidos y/o dañados por calor, granos verdes, helados, brotados, calcinados, roídos por isoca y roídos en su germen.

6.1.3. 1. Granos ardidos y/o dañados por calor: Son aquellos granos o pedazos de granos que presentan un oscurecimiento en su tonalidad natural, debido a un proceso fermentativo o a la acción de elevadas temperaturas.

6.1.3.2. Granos verdes: Son aquellos que presentan una manifiesta coloración verdosa debida a inmadurez fisiológica.

6.1.3.3. Granos helados: Son aquellos que presentan concavidades pronunciadas en sus caras laterales.

6.1.3.4. Granos brotados: Son aquellos en los que se ha iniciado el proceso de germinación. Tal hecho se manifiesta por una ruptura de la cubierta del germen, a través de la cual asoma el brote.

6.1.3.5. Granos calcinados: Son los que presentan una coloración blanquecina, a veces con zonas de color rosado, cuyos endospermas presentan aspecto yesoso y que pueden desmenuzarse cuando se ejerce una leve presión sobre ellos.

6.1.3.6. Granos roídos por isoca: Son aquellos carcomidos por larvas de insectos que atacan al cereal en planta y cuya parte afectada se presenta negruzca o sucia.

6.1.3.7. Granos roídos en su germen: Son aquellos cuyo germen ha sido destruido o roído manifiestamente por acción de larvas.

6.1.4. Granos con carbón: Son aquellos transformados en una masa pulverulenta de color negro a causa del ataque del hongo *Tilletia spp* . Su

aspecto exterior es redondeado y de un color grisáceo.

6.1.5. Granos quebrados y/o chuzos: Son aquellos granos o pedazos de granos (no dañados) de trigo pan que pasan por una zaranda como la descrita en el Numeral 8.2.4.1.

6.1.6. Granos panza blanca: Son aquellos que se caracterizan por su textura almidonosa en una mitad o más del grano, que se aprecia por una coloración externa amarillenta definida.

## 6.2. RUBROS DE CONDICION EXCLUYENTES DEL GRADO.

6.2.1. Insectos y/o arácnidos vivos: Son aquellos que atacan a los granos almacenados (gorgojos, carcomas, etcétera).

6.2.2. Granos picados: Son aquellos que presentan perforaciones causadas por el ataque de insectos.

6.2.3 Punta sombreada por tierra: Se considera como tal a todo lote que presente una elevada proporción de granos cuyos cepillos muestren una coloración característica producida por tierra adherida a los mismos.

6.2.4. Punta negra por carbón: Se considera como tal a todo lote que presente una elevada proporción de granos cuyos cepillos muestren una coloración negruzca, como consecuencia de tener adheridos a los mismos esporos del hongo *Tilletia* spp .

6.2.5. Revolcado en tierra: Se considera como tal a todo lote que presenta una elevada proporción de granos que llevan tierra adherida en la mayor parte de su superficie.

6.2.6. Olores comercialmente objetables: Son aquellos que por su intensidad y persistencia afectan su normal utilización.

6.2.7. Productos que alteran la condición natural del grano: Son aquellos que resultan tóxicos o perniciosos y que impiden su normal utilización.

6.2.8. Otras causas de calidad inferior: Es toda otra condición del grano que no ha sido contemplada en forma específica en este apartado y que desmerezca su calidad

## 7. MECANICA OPERATIVA PARA EL RECIBO DE LA MERCADERIA.

A fin de evaluar la calidad de la mercadería de cada entrega, se extraerá una muestra representativa de acuerdo al procedimiento establecido en la Norma XXII (Muestreo en granos) de la Resolución N° 1075 del 12 de diciembre de 1994 de la ex-SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA del entonces MINISTERIO DE ECONOMIA Y OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS, o la que en el futuro la reemplace.

Una vez extraída la muestra representativa del lote, se procederá en forma correlativa a efectuar las siguientes determinaciones:

7.1 Presencia de insectos vivos y/o arácnidos: Se determinará por simple apreciación visual mediante el uso de una zaranda apropiada para tal fin. La presencia de UN (1) insecto vivo o más en la muestra determinará el rechazo de la mercadería.

7.2. Olores comercialmente objetables, productos que alteran la condición natural del grano y otras causas de calidad inferior: Se determinarán por métodos empíricos sensoriales.

7.3. Tipo: Cuando existan dudas sobre si la mercadería a entregar responde al tipo contratado, se realizará la determinación por simple apreciación

visual en base a la identificación varietal (tipificación). En caso de necesidad de cuantificar (para mercadería cercana al límite de tolerancia), se procederá sobre CINCO (5) gramos por duplicado.

7.4. Humedad: Se determinará de acuerdo con el método indicado en la Norma XXVI (Metodologías varias) de la mencionada Resolución N° 1075/94 o la que en el futuro la reemplace.

7.5. Punta sombreada por tierra, punta negra por carbón, revolcado en tierra: Se determinarán apreciando visualmente la proporción e intensidad de estos caracteres que afectan al lote en su conjunto.

7.6. Semillas de trébol: En caso que se observen semillas de trébol, se procederá a cuantificarlas a fin de determinar si exceden la tolerancia, de la siguiente manera: se separa una porción no inferior a CIEN (100) gramos representativa de la muestra original obtenida y se zarandea a través de una zaranda similar a la descrita en el numeral 8.2.4.1. siguiendo la misma mecánica que para la determinación de granos quebrados y/o chuzos.

7.7. Calidad: Sin perjuicio del análisis que oportunamente deberá realizarse, se determinará por visteo en forma provisoria, a los efectos del recibo, si la mercadería se encuentra o no dentro de las tolerancias máximas establecidas para el GRADO 3.

## **8. MECANICA OPERATIVA PARA LA DETERMINACION DEL GRADO.**

8.1 Peso hectolítrico: Previa homogeneización manual de la muestra lacrada, se procederá a la determinación del peso hectolítrico mediante el uso de una balanza Schopper o similar que dé resultados equivalentes.

8.2. A continuación se separará una porción de CINCUENTA (50) gramos representativa de la muestra lacrada, preferentemente mediante el uso de un homogeneizador y divisor de muestras y se procederá a efectuar, en forma correlativa, las determinaciones indicadas a continuación:

8.2.1. Materias extrañas: Se procederá a separar manualmente las materias extrañas.

8.2.2. Granos dañados: Se procederá a separar manualmente los granos ardidos y/o dañados por calor y el resto de dañados presentes. Cada grupo se pesará separadamente.

8.2.3. Granos con carbón: Se procederá a separar manualmente los granos o pedazos de granos afectados.

8.2.4. Granos quebrados y/o chuzos: El remanente de la separación efectuada anteriormente se volcará sobre una zaranda como la descrita a continuación, y se procederá a realizar QUINCE (15) movimientos de vaivén sobre una superficie lisa y firme, con la amplitud que el brazo permita. Se pesará el material depositado en el fondo de la zaranda.

8.2.4.1. Zaranda a utilizar:

8.2.4.1.1. Chapa de duro aluminio CERO COMA  
OCHO (0,8) milímetros. Espesor  $\pm$  CERO COMA  
UN (0,1) milímetros.

Agujeros acanalados: Ancho UNO COMA SEIS (1,6) milímetros  $\pm$  CERO COMA CERO TRECE (0,013) milímetros.  
Largo: NUEVE COMA CINCO (9,5) milímetros.  
Diámetro útil: TREINTA (30) centímetros.  
Alto: CUATRO (4) centímetros.

8.2.4.1.2. Fondo: chapa de aluminio UN (1) milímetro espesor.  
Diámetro: TREINTA Y TRES (33) centímetros.  
Alto: CINCO (5) centímetros.

8.2.5. Granos panza blanca: Sobre el material remanente de la separación anterior se apartarán manualmente y a vista los granos panza blanca. Si en la muestra hubieren granos lavados no se tendrán en consideración para la determinación de granos panza blanca. A tal efecto, deberán considerarse granos lavados a aquellos que han sido decolorados u opacados por acción ambiental (generalmente lluvias en pre cosecha).

#### **9. EXPRESION DE LOS RESULTADOS.**

Los resultados se expresarán al centésimo en forma porcentual, relacionando el peso del rubro separado con el de la porción analizada.

#### **10. NORMAS PARA LA LIQUIDACION DE MERCADERIA FUERA DE ESTANDAR.**

10.1. Para determinar el valor correspondiente a la mercadería recibida, que resulte fuera de estándar, se tomará como base el del GRADO 3 o el del grado resultante del análisis, según se trate de los rubros incluidos en las definiciones de calidad o rubros de condición, respectivamente.

10.2. Rubro de descuento proporcional por calidad: los faltantes por cada kilogramo de peso hectolítrico o los excedentes por cada por ciento sobre las tolerancias del GRADO 3, se calcularán de acuerdo a la tabla que se consigna a continuación:

## 11. CONTENIDO PROTEICO:

11.1. Definición: Es el valor de nitrógeno expresado en por ciento al décimo sobre base TRECE COMA CINCO POR CIENTO (13,5 %) de humedad, utilizándose como factor de corrección CINCO COMA SIETE POR CIENTO (5,7 %).

11.1.1 Método analítico: la determinación se hará por el método Kjeldahl (ICC N° 105/1) o por cualquier otro método que dé resultados equivalentes.

11.2. Bonificaciones y rebajas: los porcentajes serán los siguientes, por cada por ciento o fracción proporcional del contenido proteico:

RUBRO	DESCUENTO
PESO HECTOLITRICO	DOS POR CIENTO (2 %)
MATERIAS EXTRAÑAS	UNO POR CIENTO (1 %)
GRANOS ARDIDOS Y DAÑADOS POR CALOR	UNO COMA CINCO POR CIENTO (1,5 %)
TOTAL DAÑADOS	UNO POR CIENTO (1 %)
QUEBRADOS Y/O CHUZOS	CERO COMA CINCO POR CIENTO (0,5 %)
PANZA BLANCA	CERO COMA CINCO POR CIENTO (0,5 %)
GRANOS CON CARBON	CINCO POR CIENTO (5 %)

10.3. Rubros de descuento por fuera de condición: Las rebajas se calcularán de acuerdo a la tabla que se consigna a continuación:

RUBRO	DESCUENTO
GRANOS PICADOS	DOS POR CIENTO (2 %)
PUNTA SOMBREADA POR TIERRA (Según Intensidad)	Desde CERO COMA CINCO POR CIENTO (0,5 %) a DOS POR CIENTO (2 %)
PUNTA NEGRA POR CARBON (Según Intensidad)	Desde UNO POR CIENTO (1 %) a SEIS POR CIENTO (6 %)
REVOLCADO EN TIERRA (Según Intensidad)	Desde CERO COMA CINCO POR CIENTO (0,5 %) a DOS POR CIENTO (2 %)
OLORES OBJETABLES (Según Intensidad)	Desde CERO COMA CINCO POR CIENTO (0,5 %) a DOS POR CIENTO (2 %)
SEMILLAS DE TEBOL DE OLOR	DOS POR CIENTO (2 %) de mermas de peso y gastos de zarandeo.
HUMEDAD	Se aplicará la merma porcentual de peso correspondiente según tabla oficial vigente en el momento de la entrega. La tarifa de secado será convenida o fijada.

11.2.1. Las bonificaciones y rebajas establecidas se aplicarán sobre el grado que le corresponde por aplicación del estándar vigente.

11.2.2. Para lotes de peso hectolitro menor a SETENTA Y CINCO KILOGRAMOS (75 kg.) por hectolitro no se aplicarán bonificaciones por contenido proteico.

## 12. APTITUD PANADERA:

12.1. Las partes podrán establecer que se considerará fuera de grado al trigo cuyo gluten no tenga la capacidad de ligar durante el amasado o el levado, determinado mediante el sistema Glutomatic (AACC N° 3812) o por cualquier otro método que dé resultados equivalentes. A tal efecto las partes deberán incluir como cláusula contractual lo siguiente:

**"Contrato sujeto al Punto 12 del Estándar de Trigo Pan".**

**TABLA DE MERMA POR SECADO**

**TRIGO**

% HUMEDAD	% MERMA	% HUMEDAD	% MERMA	% HUMEDAD	% MERMA
14,1	0,69	17,8	4,97	21,5	9,25
14,2	0,81	17,9	5,09	21,6	9,36
14,3	0,92	18,0	5,20	21,7	9,48
14,4	1,04	18,1	5,32	21,8	9,60
14,5	1,16	18,2	5,43	21,9	9,71
14,6	1,27	18,3	5,55	22,0	9,83
14,7	1,39	18,4	5,66	22,1	9,94
14,8	1,50	18,5	5,78	22,2	10,06
14,9	1,62	18,6	5,90	22,3	10,17
15,0	1,73	18,7	6,01	22,4	10,29
15,1	1,85	18,8	6,13	22,5	10,40
15,2	1,97	18,9	6,24	22,6	10,52
15,3	2,08	19,0	6,36	22,7	10,64
15,4	2,20	19,1	6,47	22,8	10,75
15,5	2,31	19,2	6,59	22,9	10,87
15,6	2,43	19,3	6,71	23,0	10,98
15,7	2,54	19,4	6,82	23,1	11,10
15,8	2,66	19,5	6,94	23,2	11,21
15,9	2,77	19,6	7,06	23,3	11,33
16,0	2,89	19,7	7,17	23,4	11,45
16,1	3,01	19,8	7,28	23,5	11,56
16,2	3,12	19,9	7,40	23,6	11,68
16,3	3,24	20,0	7,51	23,7	11,79
16,4	3,35	20,1	7,63	23,8	11,91
16,5	3,47	20,2	7,75	23,9	12,02
16,6	3,58	20,3	7,86	24,0	12,14
16,7	3,70	20,4	7,98	24,1	12,25
16,8	3,82	20,5	8,09	24,2	12,37
16,9	3,93	20,6	8,21	24,3	12,49
17,0	4,05	20,7	8,32	24,4	12,60
17,1	4,16	20,8	8,44	24,5	12,72
17,2	4,28	20,9	8,55	24,6	12,83
17,3	4,39	21,0	8,67	24,7	12,95
17,4	4,51	21,1	8,79	24,8	13,06
17,5	4,62	21,2	8,90	24,9	13,18
17,6	4,74	21,3	9,02	25,0	13,29
17,7	4,86	21,4	9,13		

"MERMA POR MANIPULEO: ADICIONAR 0,10 %"

**NORMA DE CALIDAD PARA LA COMERCIALIZACION DE TRIGO PAN  
NORMA XX**

<b>EL TIPO DURO ADMITIRA COMO MAXIMO UN 5% DE VARIEDADES SEMIDURAS</b>												
<b>G R A D O</b>	<b>Pes o Hec tolí - tric o Míni mo Kg.</b>	<b>TOLERANCIAS MAXIMAS PARA CADA GRADO</b>						<b>Gra nos Pica dos %</b>	<b>Trébol de olor (Melilot us sp.) Semilla s c/100 grs.</b>	<b>H U M E D A D %</b>	<b>Inse ctos y Ará cnido s</b>	Arbitrajes Establecido s Descuentos sobre el precio (Según intensidad)
		<b>Mate rias Extr añías %</b>	<b>Ganos Dañados</b>		<b>Gran os con Carb ón %</b>	<b>Gran os Panz a Blan ca %</b>	<b>Granos Quebra dos y/o Chuzos (1) %</b>					
			<b>Grano s ardido s y dañad os por calor %</b>	<b>Tota l Dañ ados %</b>								
1	79	0,20	0,50	1,00	0,10	15,0 0	0,50					Arbitrajes Establecido s Descuentos sobre el precio (Según intensidad)
2	76	0,80	1,00	2,00	0,20	25,0 0	1,20	0,50	8	14,0	LIBRE	Olores comercialm ente objetables desde 0,5 a 2%.
3	73	1,50	1,50	3,00	0,30	40,0 0	2,00					Punta sombreada por tierra desde 0,5 a 2%.
Descuento porcentual a aplicar por c/kg. faltante de PH. o sobre el porcentaje de excedente s	2,0	1,0	1,5	1,0	5,0	0,5	0,5	2,0	2% de merma y gastos de zarande o	Mer ma y gast os de seca da	Gasto s de fumig ación	Punta sombreada por tierra desde 0,5 a 2% Revolvado en tierra desde 0,5 a 2%. Punta negra por carbón desde 1 a 6%.

**LIBRE DE INSECTOS Y ARACNIDOS VIVOS**

- (1) Son todos aquellos granos o pedazos de granos de trigo pan que pasan por una zaranda de agujeros acanalados de 1,6 mm. de ancho por 9,5 mm. de largo, excluidos los granos o pedazos de granos de trigo pan dañados.

**TABLA DE MERMA POR SECADO  
TRIGO PAN**

% HUMEDAD	% MERMA	% HUMEDAD	% MERMA	% HUMEDAD	% MERMA
14,10	0,69	17,80	4,97	21,50	9,25
14,20	0,81	17,90	5,09	21,60	9,36
14,30	0,92	18,00	5,20	21,70	9,48
14,40	1,04	18,10	5,32	21,80	9,60
14,50	1,16	18,20	5,43	21,90	9,71
14,60	1,27	18,30	5,55	22,00	9,83
14,70	1,39	18,40	5,66	22,10	9,94
14,80	1,50	18,50	5,78	22,20	10,06
14,90	1,62	18,60	5,90	22,30	10,17
15,00	1,73	18,70	6,01	22,40	10,29
15,10	1,85	18,80	6,13	22,50	10,40
15,20	1,97	18,90	6,24	22,60	10,52
15,30	2,08	19,00	6,36	22,70	10,64
15,40	2,20	19,10	6,47	22,80	10,75
15,50	2,31	19,20	6,59	22,90	10,87
15,60	2,43	19,30	6,71	23,00	10,98
15,70	2,54	19,40	6,82	23,10	11,10
15,80	2,66	19,50	6,94	23,20	11,21
15,90	2,77	19,60	7,05	23,30	11,33
16,00	2,89	19,70	7,17	23,40	11,45
16,10	3,01	19,80	7,28	23,50	11,56
16,20	3,12	19,90	7,40	23,60	11,68
16,30	3,24	20,00	7,51	23,70	11,79
16,40	3,35	20,10	7,63	23,80	11,91
16,50	3,47	20,20	7,75	23,90	12,02
16,60	3,58	20,30	7,86	24,00	12,14
16,70	3,70	20,40	7,98	24,10	12,25
16,80	3,81	20,50	8,09	24,20	12,37
16,90	3,93	20,60	8,21	24,30	12,49
17,00	4,05	20,70	8,32	24,40	12,60
17,10	4,16	20,80	8,44	24,50	12,72
17,20	4,28	20,90	8,55	24,60	12,83

17,30	4,39	21,00	8,67	24,70	12,95
17,40	4,51	21,10	8,79	24,80	13,06
17,50	4,62	21,20	8,90	24,90	13,18
17,60	4,74	21,30	9,02	25,00	13,29
17,70	4,86	21,40	9,13		

**MERMA POR MANIPULEO: ADICIONAR 0.10 %**

