



*Universidad Nacional de Córdoba*  
*Facultad de Ciencias Agropecuarias*  
*Escuela para Graduados*

---



**INFLUENCIA DE LA TEXTURA DEL GRANO DE  
TRIGO (*Triticum aestivum* L.) SOBRE LA CALIDAD  
INDUSTRIAL DE GALLETITAS DULCES Y  
CRACKERS**

**Leticia R. Mir**

Tesis  
Para optar al Grado Académico de  
Magister en Ciencias Agropecuarias  
Mención: Producción Vegetal

*Córdoba, 2016*

# **INFLUENCIA DE LA TEXTURA DEL GRANO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) SOBRE LA CALIDAD INDUSTRIAL DE GALLETITAS DULCES Y CRACKERS**

**Leticia R. Mir**

## **Comisión Asesora de Tesis**

**Directora:** Dra. Martha Cuniberti

**Asesores:** Dra. Gabriela T. Pérez  
Dr. Leonardo Vanzetti

## **Tribunal Examinador de Tesis**

Dra. Malena Moiraghi

Dra. Gabriela Pérez

Dra. Gabriela Tranquilli

## **Presentación formal académica**

25 de noviembre de 2016

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Córdoba

## AGRADECIMIENTOS

A mis solcitos, Emilia y Paula, ellas que desde la panza me acompañaron en este proyecto y alegran mis días con esa hermosa sonrisa, ellas son sin duda el mejor regalo de la vida.

A mi esposo Mariano, por su amor y apoyo en los distintos órdenes de la vida. Gracias por darme siempre esos empujoncitos, por ser y sentirte parte de mis proyectos y estar siempre a mi lado.

A mi papá Roberto y mi mamá Betty por motivarme a alcanzar mis anhelos, guiando siempre mis pasos a lo largo de toda mi vida, y a esas dos personas con las que comparto todo este amor que son mis hermanos Fernando y Marcela.

A la Dra. Martha Cuniberti, directora de tesis. Gracias porque sus conocimientos, orientaciones y motivación han sido fundamentales en mi formación profesional. Su apoyo, consejos y colaboración fueron importantes para que pueda llevar adelante este proyecto.

Al Dr. Leonardo Vanzetti, asesor de tesis, por su paciencia, esfuerzo y dedicación. Gracias Leo porque siempre estuviste a mi lado, dispuesto a ayudarme y brindarme todos tus conocimientos para que pueda abordar este estudio de la mejor manera.

Dra. Gabriela Pérez, por haber confiado en este proyecto y aceptado ser mi asesora. Por su profesionalidad, conocimientos y trato humano mostrando siempre interés ante mis inquietudes y abriendo las puertas de su Lab. cada vez que lo necesité junto a su lindo grupo de trabajo.

A los Miembros del Tribunal Examinador; la Dra. Malena Moiraghi y Dra. Gabriela Tranquilli, porque con sus opiniones y sugerencias ayudaron a enriquecer esta tesis.

A todo el grupo del Lab. de Calidad Industrial y Valor Agregado de INTA-EEA Marcos Juárez por su apoyo incondicional y su aliento, mis compañeros y amigos Susi, Mary, Euge, Omar, Rosi y Gustavo. Tengo la suerte de compartir con ellos todos mis días entre granos y harina de trigo.

A la estadística Beatriz Masiero, con quién no solo tuve la suerte de trabajar en una Institución como lo es el INTA sino que tengo la gran dicha de poderla llamar “mamá”. Mami gracias por todo, por tu apoyo, ayuda y transmitirme esa pasión en todo lo que haces.

A todo el grupo de Mejoramiento Genético de Trigo, por el apoyo y colaboración.

Al Dr. Marcelo Helguera, por el aporte del germoplasma utilizado para la realización de este proyecto de tesis.

A la estadística M. Belén Conde que además de haberme ayudado en la tesis fue una compañera muy importante en esta etapa de mi vida ya que justas transitamos el mismo camino.

A las autoridades del INTA, Director Nacional, Regional y en especial al Director de la EEA Ms. Jz., Ing. Marcelo Tolchinsky por aceptar mi propuesta de formación de postgrado y brindarme el respaldo durante estos años.

A la UNC por el empeño de formar nuevos investigadores y al personal que tan cálidamente nos asesora constantemente.

A todos mis amigos, compañeros de INTA, y todas aquellas personas que de alguna manera estuvieron a mi lado apoyándome y han contribuido a este logro.

***Muchas gracias por ser parte de este camino....***

## DEDICATORIA

*A mi querida familia...*

*Lo que la mente puede concebir y creer,  
y el corazón desear, puedes conseguirlo.*

*Norman Vincent Peale.*

## RESUMEN

El sistema de comercialización de trigos establece una clasificación de los trigos hexaploides (*Triticum aestivum* L.) basada en la textura del endosperma que junto con la fuerza del gluten determinan sus potenciales usos industriales. Estos factores se encuentran parcialmente bajo control genético pudiendo ser manipulados a través del fitomejoramiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la textura del grano sobre los parámetros de calidad y su efecto en la elaboración de galletitas dulces y crackers. Se estudiaron isolíneas de textura de grano blanda y dura utilizando dos fondos genéticos contrastantes: Buck Poncho (BP), variedad de textura dura (D), gluten fuerte, del tipo corrector y Penawawa (P), variedad de textura blanda (B) y gluten débil. Se determinaron 39 parámetros de calidad físicos químicos, reológicos y elaboración de galletitas dulces y crackers. Para cada variable se realizó análisis de varianza tomando como fuente de variación el fondo genético (FG), la textura de grano (TX) y su interacción. FG y TX mostraron influencia en la mayoría de los parámetros de calidad estudiados. El FG de BP mostró mayores efectos con el cambio de textura que P; en general la incorporación de genes B sobre FG de BP no fue suficiente para llegar a los valores de calidad galletitera de P. Mediante componentes principales se confirmó la existencia de 3 conjuntos de líneas: aquellas provenientes de P y las de BP-D y BP-B separadamente. Las líneas de BPD presentaron valores más altos de dureza (DZA), Fuerza panadera (W), relación tenacidad/extensibilidad (P/L), gluten húmedo, SRC Carbonato y SRC Agua indicando la importancia de la composición proteica y de la dureza del grano en la fuerza, contenido de almidón dañado y la absorción de agua de una harina en la definición de la calidad y potencial uso final. En general PB tuvo buen comportamiento en galletitas dulces y crackers, PD se asoció a una buena performance de galletitas crackers y BPD y BPB a mala calidad en de galletitas dulces y crackers. Se desarrollaron ecuaciones para estimar diámetro de galleta (DG) y Peso de 10 crackers sobre alto de 10 crackers (P10/A10) a partir de los parámetros SRC, mixograma y alveograma. Los SRC resultan de gran utilidad predictora debido a su simplicidad, bajo costo y requerimiento de poca cantidad de muestra.

**Palabras claves: trigo, textura, calidad, galletitas dulces, crackers.**

## ABSTRACT

The wheat marketing system provides a classification of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) based on the endosperm texture. Texture and gluten strength determine wheat potential industrial applications. The expression of these factors is partially under genetic control and can be manipulated through breeding. The aims of this study were to evaluate the influence of grain texture in quality parameters and its effect on the production of cookies and crackers. Isolines with soft and hard grain texture were studied using two contrasting genetic backgrounds: Buck Poncho (BP), a hard texture (D) variety with strong gluten and corrector type and Penawawa (P), a soft texture variety (B) with weak gluten. Quality evaluation was carried out using 39 physical, chemical, rheological and production of cookies and crackers parameters. Variance analysis taking as a source of variation genetic background (FG), grain texture (TX) and their interaction (FG \* TX) for each variable was performed. Both FG as TX showed influence in most of the studied quality parameters. The FG of BP showed greater effects on texture change than P, but generally incorporating soft genes TX on BP FG was not enough to reach similar values of P cookie quality parameters. Principal components analysis confirmed the existence of three sets of lines: one coming from P and the others from BP-D and BP-B separately. BPD lines had higher hardness values (DZA), alveogram parameters (W) and ratio tenacity / extensibility (P / L), wet gluten (GH), SRC Carbonate and SRC Water indicating the importance of both protein composition and grain hardness in strength, damaged starch content and water absorption of flour in the definition of wheat quality and their potential end use. PB generally had good behavior for both cookies and crackers, PD was associated with a good performance for crackers and BPD y BPB were associated with poor quality for cookies and crackers. Equation models to estimate cookie diameter (DG) and the relation of the weight of 10 crackers over the height of 10 crackers (P10 / A10) from SRC parameter, alveogram and mixogram separately were developed. The SRC is a very good predictive method due to its simplicity, low cost and small amount of sample requirement.

**Keywords: wheat, texture, quality, cookies, crackers.**

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE TABLAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
EL TRIGO Y SUS GENERALIDADES.....	1
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL GRANO DE TRIGO.....	5
COMPONENTES DE LA HARINA DE TRIGO.....	7
PROTEÍNAS: CONTENIDO Y CALIDAD.....	8
TEXTURA DEL GRANO.....	11
MEJORAMIENTO Y PRODUCCIÓN.....	14
HIPÓTESIS.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
MATERIAL VEGETAL.....	17
EXPERIMENTO A CAMPO.....	18
CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE PROTEÍNAS DE RESERVA.....	18
Extracción de ADN genómico.....	18
Extracción de Proteínas de Reserva.....	19
Análisis de Gluteninas de Alto Peso Molecular.....	20
Análisis de Puroindolinas.....	20
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD INDUSTRIAL.....	21
Contenido de Proteínas totales.....	21

Peso Hectolítrico .....	21
Peso de 1000 granos .....	21
Dureza de Grano .....	22
Color de Grano .....	22
Molienda Experimental .....	23
Humedad.....	23
Cenizas en harina.....	23
Determinación de Gluten.....	23
Perfil de Viscosidad.....	24
Alveograma .....	26
Mixograma .....	28
Capacidad de Retención de Solventes .....	29
Ensayo de Calidad Galletera.....	30
Elaboración de Galletitas Cracker .....	31
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	32
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
ANÁLISIS DE VARIANZA.....	34
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN .....	53
ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES .....	60
REGRESIÓN MÚLTIPLE .....	62
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES .....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	69
ANEXO 1 .....	84
CARACTERIZACION DE LA CALIDAD COMERCIAL E INDUSTRIAL .....	84
ANEXO 2.....	92
CARACTERIZACION MOLECULAR.....	93

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Intervalos de variación en la concentración de los principales componentes del trigo (Matz, 1999) .....	6
<b>Tabla 2.1.</b> Caracterización Molecular del material vegetal utilizado en el estudio .....	18
<b>Tabla 2.2.</b> Guía de valores de Textura de Granos .....	22
<b>Tabla 3.1.</b> Análisis de varianza de parámetros de calidad comercial e industrial de grano y harina de trigo. Valores de probabilidad y promedios .....	35
<b>Tabla 3.2.</b> Análisis de varianza de los parámetros del Alveograma. Valores de probabilidades y promedios .....	39
<b>Tabla 3.3.</b> Análisis de varianza de los parámetros del Mixograma. Valores de probabilidades y promedios .....	41
<b>Tabla 3.4.</b> Análisis de varianza de variables del método de Retención de Solvente SRC. Valores de probabilidades y promedios .....	44
<b>Tabla 3.5.</b> Análisis de varianza de variables de perfil de viscosidad determinadas por el método RVA. Valores de probabilidades y promedios .....	46
<b>Tabla 3.6.</b> Análisis de varianza de los principales parámetros de evaluación de calidad de galletitas dulces y crackers. Valores de probabilidades y promedios .....	51
<b>Tabla 3.7.</b> Correlación entre principales parámetros físico - químicos y reológicos.....	54
<b>Tabla 3.8.</b> Correlación entre parámetros del alveograma y parámetros que definen calidad de galletitas dulces y crackers.....	56
<b>Tabla 3.9.</b> Correlación entre parámetros del mixograma y variables que definen calidad de galletitas dulces y crackers.....	58
<b>Tabla 3.10.</b> Correlación entre parámetros de SRC y parámetros que definen calidad de galletitas dulces y cracker .....	60
<b>Tabla 3.11.</b> Valores de $R^2$ de regresiones múltiples con selección de variables Stepwise para predecir comportamiento para elaborar galletitas dulces y cracker utilizando distintas metodologías de evaluación.....	63

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Gráfica de alimentación diaria .....	2
<b>Figura 1.2.</b> Cadena del Trigo .....	2
<b>Figura 1.3.</b> Grano de Trigo .....	6
<b>Figura 2.1.</b> Curva de RVA tipo y sus principales indicadores (Newport Scientific, 1998).....	26
<b>Figura 2.2.</b> Curva Alveográfica. Alveo consistógrafo NG de CHOPIN. Manual del fabricante, 2006 .....	27
<b>Figura 2.3.</b> Curva Mixográfica. Trigo Argentino. Informe Institucional sobre su calidad. Cosecha 2014/15.....	29
<b>Figura 3.1.</b> Promedios de parámetros de calidad comercial e industrial que presentan aporte a la interacción FG*TX. (A) DZA, (B) PROT, (C) RENDH, (D) CEN.....	36
<b>Figura 3.2.</b> Promedios de PA del alveograma para FG*TX .....	39
<b>Figura 3.3.</b> Promedios de parámetros mixográficos que presentan aporte a la interacción FG*TX. (A) TD, (B) AnP .....	42
<b>Figura 3.4.</b> Promedios de parámetros del SRC que presentan aporte a la interacción FG*TX. (A) SRCA, (B) SRCL, (C) SRCC, (D) SRCS, (E) RELSRC .....	45
<b>Figura 3.5.</b> Imágenes de galletitas dulces elaboradas a partir de harinas representativas de la variabilidad encontrada: (A) Buck Poncho- Duro, (B) Buck Poncho- Blando, (C) Penawawa Duro, (D) Penawawa Blando .....	49
<b>Figura 3.6.</b> Imágenes de galletitas crackers elaboradas a partir de harinas representativas de la variabilidad encontrada: (A) Buck Poncho- Duro, (B) Buck Poncho- Blando, (C) Penawawa Duro, (D) Penawawa Blando .....	49
<b>Figura 3.7.</b> Promedios de parámetros de calidad de galletitas crackers que presentan interacción FG*TX. (A) A10, (B) MED/P10 .....	51
<b>Figura 3.8.</b> Biplot del análisis de componentes principales. Relación de líneas de trigo con variables de calidad industrial.....	61
<b>Figura 3.9.</b> Biplot del análisis de componentes principales. Relación de líneas de trigo con variables de calidad de productos elaborados .....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS

- %:** Porcentaje  
**\*\*:** Muy significativo  $p < 0,01$   
**\*:** Significativo  $0,01 < p < 0,05$   
**μl:** Microlitro.  
**1BL/1RS:** Translocación de centeno (brazo corto del cromosoma 1B de trigo, reemplazado por el brazo corto del cromosoma 1R de centeno).  
**a:** Tonalidad, equilibrio entre rojo y verde  
**A10:** Alto de 10 crackers  
**A8M:** Ancho del pico a los 8 minutos del mixograma  
**AACC:** American Association of Cereal Chemists  
**ADN:** Acido Desoxirribonucleico  
**ALP:** Altura del pico máximo del mixograma  
**ANC:** Ancho de crackers  
**ANOVA:** Análisis de Variancia  
**AnP:** Ancho del pico del mixograma  
**A-PAGE:** Electroforesis ácida en gel de poliacrilamida  
**APS:** Persulfato de Amonio.  
**AREAP:** área de la curva del mixograma  
**B:** Textura blanda  
**b:** Tonalidad, equilibrio entre amarillo y azul.  
**BC3F4:** Retrocruza 3 Filial 4  
**BDOWN:** Break down  
**BP:** Buck Poncho  
**BP-B:** Buck Poncho blando  
**BP-D:** Buck Poncho duro  
**Brs BI:** Enzima de restricción (endonucleasa).  
**CEN:** Cenizas en harina  
**CF:** Factor galleta o *cookie factor*  
**cm:** Centímetro  
**CNN:** Cheyenne.  
**CONASE:** Comisión Nacional de Semillas  
**CS:** Chinese Spring.  
**CV:** Coeficiente de variación  
**D:** Textura dura  
**DG:** Diámetro de galleta  
**DMF:** Dimetil Formamida.  
**dNTP:** Desoxi Nucleotido Trifosfato.  
**DTT:** Ditiotreitól.  
**DZA:** Dureza de grano  
**EDTA:** Acido etilendiaminotetraacético.  
**EEA:** Estación Experimental Agropecuaria.  
**FAIM:** Federación Argentina de la Industria Molinera.  
**FG\*TX:** Interacción Fondo Genético por Textura  
**FG:** Fondo Genético

**GC:** Grupo de Calidad  
**GH:** Gluten Húmedo  
**GI:** Gluten Index  
**Gli-B1:** Gliadinas del cromosoma 1B, codificadas por ese locus.  
**GLU1:** Índice de gluteninas de Payne  
**Glu-1:** loci de gluteninas de alto peso molecular  
**Glu-3:** loci de gluteninas de bajo peso molecular  
**Glu-A1:** locus de gluteninas de alto peso molecular del cromosoma 1A  
**Glu-A3:** *Locus* de gluteninas de bajo peso molecular del cromosoma 1A.  
**Glu-B1:** locus de gluteninas de alto peso molecular del cromosoma 1B  
**Glu-D1:** locus de gluteninas de alto peso molecular del cromosoma 1D  
**GS:** Gluten Seco  
**GSP:** *Grain soft protein*  
**h:** Hora  
**H:** Humedad de la harina  
**hl:** Hectolitro  
**HMW-GS:** Subunidades de gluteninas de alto peso molecular  
**ICC:** International Association for Cereal Science and Technology.  
**Ie:** Índice de elasticidad del alveograma  
**INASE:** Instituto Nacional de Semillas  
**INTA:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
**IRAM:** Instituto Argentino de Normalización y Certificación  
**IRB:** Instituto de recursos Biológicos  
**J:** *joule*  
**kg:** Kilogramo  
**L:** Abscisa de extensibilidad del alveograma.  
**l:** Litro  
**LC:** Largo de crackers  
**LCOLOR:** Índice de claridad L o Luminosidad  
**LMW-GS:** Subunidades de gluteninas de bajo peso molecular  
**M:** Molar  
**m<sup>2</sup>:** Metro cuadrado  
**MED:** Media entre ancho y largo de crackers  
**Min Agri:** Ministerio de Agricultura de la Nación Argentina.  
**min:** Minuto  
**ml:** Mililitro  
**mM:** Milimolar.  
**NaCl:** Cloruro de Sodio.  
**ng:** nanogramo  
**NIT:** *Near infrared transmittance*  
**ns:** No significativo  
**P/L:** Relación tenacidad/ extensibilidad  
**p/v:** Peso en volumen.  
**P:** Penawawa  
**P10:** Peso de 10 crackers  
**P1000:** Peso de 1000 granos  
**PA:** Tenacidad del alveograma del Alveograma  
**P-B:** Penawawa blando

**PCR:** Reacción en Cadena de la Polimerasa  
**P-D:** Penawawa duro  
**PG:** Peso del gel  
**PH:** Peso hectolítrico  
**PHA:** Peso de la harina  
**PINA:** proteína puroindolina A  
***Pina-DI:*** Gen de puroindolina A  
***Pina-D1a:*** Alelo blando de Pina-D1  
**PINB:** Proteína puroindolina B  
***Pinb-DI:*** Gen de puroindolina B  
***Pinb-D1b:*** Alelo nulo de Pina-D1  
**PROT:** Rroteína en grano  
**R<sup>2</sup>:** Coeficiente de correlación múltiple  
**RELSRC:** Relación SRC o Índice de rendimiento de gluten  
**RELSRC:** Relación SRC o Índice de rendimiento de gluten  
**RENDH:** Rendimiento de harina  
**rpm:** revoluciones por minuto  
**RVA:** Analizador de viscosidad  
**RVU:** Unidades arbitrarias de viscosidad. *Rapid Viscosity united*  
**s.s.s.:** Contenido sobre sustancia seca  
**s:** Segundo  
**SAGPyA:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación.  
**SDS:** Dodecil Sulfato de Sodio.  
**SDS-PAGE:** Electroforesis en geles de poliacrilamida bajo condiciones desnaturalizantes.  
**SKCS:** *Single Kernel Characterization System*  
**SRC:** Capacidad de retención de solventes  
**SRCA:** Capacidad de retención de solventes de agua  
**SRCC:** Capacidad de retención de solventes de solución de carbonato  
**SRCL:** Capacidad de retención de solventes de solución de ácido láctico  
**SRCS:** Capacidad de retención de solventes de solución de sacarosa  
**TD:** Tiempo de desarrollo del mixograma  
**TPASTIF:** Temperatura de pastificación  
**Tris-HCl:** Buffer Tris-Clorhídrico.  
**TX:** Textura  
**USDA:** Departamento de Agricultura de Estados Unidos  
**UV:** Luz Ultravioleta.  
**v/v:** Volumen en volumen.  
**VISCFINAL:** Viscosidad final  
**VISCMAX:** Viscosidad máxima  
**VISCMED:** Viscosidad media  
**W:** Fuerza panadera del alveograma

## INTRODUCCIÓN

### EL TRIGO Y SUS GENERALIDADES

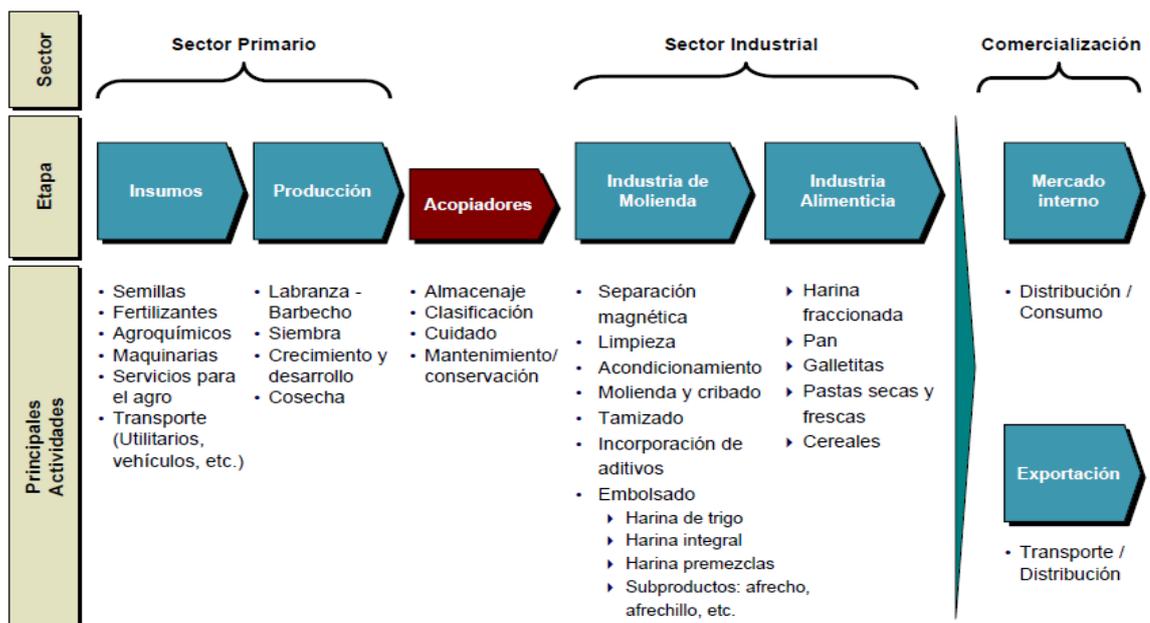
El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los tres cereales que más se producen en el mundo junto al maíz y el arroz. En Argentina se cultivan aproximadamente 5.261.035 has, con un rendimiento promedio de 2.810 kg/ha, lo que representa una producción anual de 13.930.078 ton., considerando datos promedio de los últimos 15 años (Min Agri, 2016). Según el USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos) Argentina ocupa en la actualidad el 14° lugar como productor de trigo a nivel mundial y se ubica en 10° lugar como exportador mundial, abandonando en los últimos años el 5° lugar histórico como exportador de este cereal.

El trigo se cultiva preferentemente para el consumo humano y en menos cantidad para alimento animal. Anualmente se producen aproximadamente 100 kg de trigo por cada habitante en el mundo. Si bien las proteínas del trigo poseen menor valor nutritivo que las de origen animal debido a que son deficientes en lisina, el consumo de cereales es recomendable desde el punto de vista nutricional ya que proporcionan a la dieta hidratos de carbono complejos, fibra dietética, minerales, vitaminas del complejo B y son de bajo contenido en grasa. Por ello, son el primer grupo en la gráfica de alimentación diaria, Figura 1.1. (Guía alimentaria Argentina, 2015).

La cadena de trigo da origen a una gran cantidad de productos industrializados por lo que el grano de trigo se utiliza para hacer harina, harina integral, sémola, así como una gran variedad de productos alimenticios derivados de estos como pan, galletitas, pastas, cereales de desayuno, aperitivos, etc. y de esta manera se interrelacionan el sector primario de producción con el industrial para llegar a la etapa final de comercialización (Figura 1.2) (SAGPYA, 2005; Gómez Pallarés *et al.*, 2007; Neacsu *et al.*, 2009; Cuniberti, 2014).



**Figura 1.1.** Gráfica de alimentación diaria.



**Figura 1.2.** Cadena del Trigo. (SAGPYA, 2005).

Esta integración es un aporte fundamental al agregado de valor en la producción primaria y es de suma importancia para la economía de nuestro país.

Los tipos generales de calidad de trigo más requeridos por la industria nacional e internacional incluyen: (1) trigos duros para panificación industrial, panificación

tradicional, panificación directa y congelados; (2) trigos blandos para galletitas dulces y bizcochuelos; (3) trigos candeales (*Triticum durum*) para pastas; (4) trigos “waxy” parciales para fideos asiáticos tipo “noodles” y totalmente “waxy” para usos industriales como adhesivos y aglutinantes demandados por la industria argentina y (5) trigos forrajeros, que comprende cualquiera de los otros tipos de trigos definidos anteriormente pero que por problemas sanitarios o ambientales no sirven para los usos para lo que fueron creados genéticamente y se destinan a consumo animal (Hoseney, 1991; Cuniberti y Menela, 2004; Seghezzo y Cuniberti, 2009; Vanzetti *et al.*, 2009 ). Nuestro país dispone de los 4 Tipos de Trigo que existen en el mundo, pero el 98,5% de la producción de trigo nacional es de variedades de trigos duros para pan seleccionadas para distintos usos. Actualmente se cuenta en el registro de variedades del INASE (Instituto Nacional de Semillas) con 95 cultivares de trigo pan, agrupados en función de sus características de calidad comercial e industrial en tres grupos de calidad en base al Índice de Calidad Panadera diseñado por el Comité de Cereales de Invierno de la CONASE (Comisión Nacional de Semillas). El Grupo de Calidad 1 (GC1) consta de 20 variedades que corresponden a trigos muy fuertes, tipo correctores de otros de inferior calidad, adecuados para panificación industrial; Grupo de Calidad 2 (GC2) lo integran 45 variedades, son trigos de muy buena calidad panadera que toleran tiempos largos de fermentación, superiores a 8 horas, adecuados para la panificación tradicional argentina (método de panificación en tablas) y el Grupo de Calidad 3 (GC3) con 30 variedades, son trigos de gluten más débil, de menor calidad panadera que toleran tiempos de fermentación más cortos, debajo de 8 horas, adecuados para el método de panificación directa. Además, se cuenta con 4 variedades de trigo blando, 3 variedades de trigo waxy y 10 variedades de trigo candéal.

Tanto los trigos *durum* o candeales como los blandos y waxy se producen bajo contratos cerrados de la industria con los productores agropecuarios para evitar las mezclas con los trigos panaderos, que son los que representan a la producción triguera Argentina y se comercializan en su mayoría como *commodity* (Cuniberti, 2014). Desde hace muchos años se viene incentivando y recomendando la clasificación de los trigos por su calidad en base a los 3 GC, pero en la práctica se ha avanzado poco debido a razones de logística, costo y precios que no siempre son reconocidos. Trigos clasificados, diferenciados, implican agregar valor a la cadena del trigo (Cuniberti, 2003).

No todas las variedades de trigo pueden adaptarse a producir los diferentes productos ni a los diferentes procesos. Una variedad puede ser buena para panificación, pero puede no ser tan buena para galletitas, repostería, pan dulce, pan de molde, etc. que requieren otras características en las harinas (Cuniberti, 2001). Esto se debe a que los principales grupos de productos elaborados con trigo difieren entre sí tanto en sus características de formulación y procesamiento, como en las del producto terminado (humedad, textura, densidad, sabor, etc.). Por este motivo, cada grupo de productos requiere de características de calidad de grano específicas (Peña, 2003). Además, es necesario que un grano esté sano, seco, limpio y de buen llenado, o sea de buena calidad física y que el almacenamiento se lleve a cabo en adecuadas condiciones de humedad y temperatura para lograr productos industriales homogéneos y de buena calidad industrial. El grano debe ser almacenado en buenas condiciones (baja humedad, libre de insectos, etc.) para mantener sus cualidades molineras y panaderas (Hugo y Godiño, 2000).

En Argentina el destino de la harina de trigo, dentro del mercado interno, se distribuye entre los siguientes porcentajes: pan tradicional 71%, pastas 9%, 8% para harina fraccionada y otros, un 7% para galletitas y bizcochos, y un 5% para pan industrial (Dirección de Industria Alimentaria con datos FAIM 2015). La mayoría de las harinas producidas provienen de trigo pan y se destinan principalmente a la elaboración de distintos tipos de panes y el resto para diversos productos como pastas y galletitas. Para la elaboración de galletitas se recurre generalmente al uso de aditivos con enzimas que disminuyen o rompen la fuerza del gluten, para que la galletita no tome volumen sino que se expanda dando un buen diámetro, o se producen modificaciones en los procesos de elaboración. Esto genera un costo extra en el proceso de producción que se evitaría si se dispusiera en el mercado de los volúmenes que requiere la industria galletitera de trigos específico para este uso como son los Trigos Blandos. Las cuatro variedades que existen en el mercado no están todavía ampliamente difundidas en nuestro país. (Moiraghi *et al.*, 2011; Cuniberti, 2014).

Las principales diferencias en la elaboración de galletitas dulces y crackers son descritas en términos de funcionalidad. Ambos productos son similares en la mayoría de sus ingredientes, pero difieren en su formulación y mecanismo de procesamiento. La harina es el principal ingrediente en los dos tipos de productos, pero para el caso de

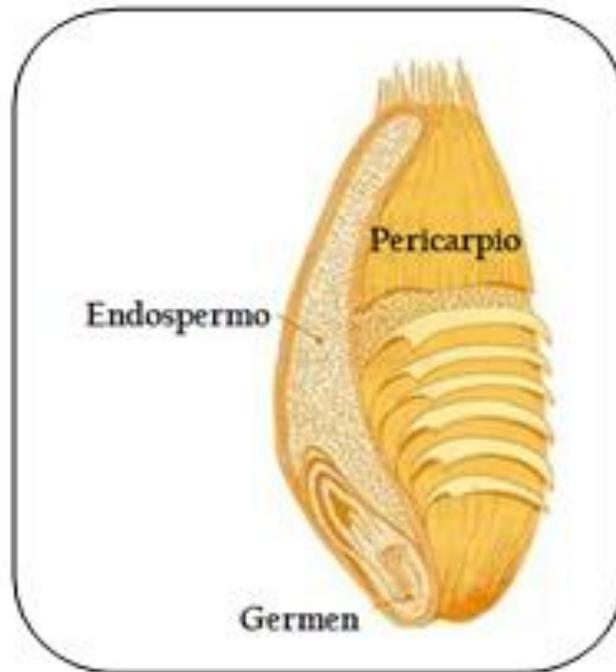
galletitas crackers se requiere que posean mayor fuerza y contenido de gluten, trigos tipo semiduros. En muchos países del mundo, a diferencia de lo que ocurre en Argentina, la elaboración de galletitas dulces se realiza a partir de harinas de trigo blando ya que disponen en cantidad de esta clase de trigos y trigos duros de baja calidad panadera son utilizados para la realización de crackers, aunque se recomienda el trigo blando o una mezcla de trigo blando y duro (Doescher y Hosoney, 1985). Una de las mayores diferencias es el alto contenido de grasa y azúcar que tienen las galletitas dulces. El azúcar actúa como un antiplastificante. El desarrollo del gluten es facilitado con bajo porcentaje de azúcar en una masa para crackers. Ambas galletitas son de bajo contenido de humedad por lo que es deseable elaborarlas a partir de harinas de baja absorción de agua, bajo almidón dañado y bajo contenido de pentosanos (Kweon *et al.*, 2014).

En Argentina, en el período 2009-2013, la producción de galletitas y bizcochos creció un 23% alcanzando las 454.000 toneladas. En 2013 el consumo de los mismos fue 10,1 kg per capita, 21,6% más alto que en 2009. Las galletitas y bizcochos son alimentos fuertemente arraigados en el consumo argentino y representan un claro ejemplo de agregado de valor dentro de la cadena de farináceos del país (Lezcano, 2015; Revista Agropost, 2015).

## **ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL GRANO DE TRIGO**

El trigo produce un fruto seco, que es una cariósida llamada “grano”. Si bien histológicamente se pueden identificar más partes del grano, desde el punto de vista de su aplicación industrial se puede dividir el grano en tres partes fundamentales: las cubiertas, el endospermo y el germen (Figura 1.3), cada una con una composición química característica (Tabla 1.1), (Aguirrezábal y Andrade, 1998). Las cubiertas son las que van a componer el salvado en la separación de la molienda, y constituyen entre 13 y 17% del peso del grano en base seca. La capa más externa es llamada pericarpio, mientras que la más interna es la aleurona que se elimina durante la molienda. El contenido de minerales y de proteínas de las cubiertas es mayor que el del endospermo, pero esas proteínas no son formadoras de gluten. El endospermo amiláceo representa aproximadamente el 80% del grano en base seca. Es el constituyente más importante a los efectos alimenticios. El principal componente celular son los gránulos de almidón inmersos en una matriz proteica.

El germen representa entre el 2 al 3,5 % del grano el cual tiene un alto contenido de proteínas, grasas y vitaminas (Hoseney, 1991; Quaglia, 1991; Posner y Hibbs, 1997; Belderok *et al.*, 2000).



**Figura 1.3.** Grano de Trigo

**Tabla 1.1.** Intervalos de variación en la concentración de los principales componentes del trigo (Matz, 1999).

Componentes	Composición química del trigo (%)	
	Mínimo	Máximo
Almidón	60,0	68,0
Proteínas	7,0	18,0
Cenizas	1,5	2,0
Lípidos	1,5	2,0
Fibra cruda	2,0	2,5
Humedad	8,0	18,0

## COMPONENTES DE LA HARINA DE TRIGO

Entre los componentes principales de la harina se pueden detallar: el **almidón**, que es principal componente del grano, siendo más de dos tercios del peso total. 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. Se observan dos tipos de gránulos: los grandes y lenticulares tipo A y los pequeños esféricos tipo B (Ao y Jane, 2007), incluso algunos autores reportan gránulos tipo C. Desde el punto de vista alimenticio, es la principal fuente de calorías. Los componentes principales del almidón de trigo son la amilosa (cadenas lineales de moléculas de glucosa) y amilopectina (cadenas ramificadas de moléculas de glucosa). Recientemente se han liberado variedades con contenido de amilosa menor al 1%. Este tipo de trigo se los conoce como “ceroso” o “waxy”, y han sido desarrollados por su buena calidad para “fideos asiáticos” o “noodles” (Morris y Konzak, 2001) y para determinados usos industriales como aglutinantes, adhesivos, etc. para lo que son demandados en nuestro país.

El almidón juega un rol importante en la calidad de los productos alimenticios. Al calentar almidón en determinadas condiciones de temperatura y contenido acuoso los gránulos comienzan a absorber agua y se hinchan, se produce la pérdida de la cristalinidad y de la organización estructural de los gránulos de almidón lo que se conoce como gelatinización (Atwell *et al.*, 1988). Paralelamente a la absorción de agua e hinchamiento que ocurre durante el calentamiento de una suspensión de almidón, las moléculas de amilosa comienzan a liberarse desde el gránulo al medio acuoso incrementando la viscosidad hasta llegar a un máximo (Hoseney *et al.*, 1986). Posteriormente se produce un descenso de la viscosidad cuando los gránulos se rompen total o parcialmente y las moléculas de almidón se dispersan en la fase acuosa. Luego, durante el enfriamiento, las moléculas de almidón se re asocian dando lugar a un estado más ordenado y cristalino llamado retrogradación. La retrogradación de la amilopectina ocurre a una velocidad mucho menor que la amilosa. La temperatura de gelatinización afecta la expansión de las masas durante el horneado, mientras que la retrogradación es una de las causas principales del endurecimiento de los productos de panificación (León y Rosell, 2007; Bernabé, 2009).

Las **proteínas** hacen que la harina de trigo sea única entre las de los cereales por su capacidad para formar una masa visco elástica cuando se mezcla con el agua (Gianibelli *et al.*, 2001). Además, las masas de trigo tienen la particularidad de retener el gas que se produce durante la fermentación o aquel liberado por aditivos químicos dando origen a productos esponjosos. Las proteínas de otros granos de cereal no tienen la propiedad de formar masa. El centeno y triticale, se acercan más que el resto, pero como mucho, la masa es débil (Hoseney, 1991).

Entre los componentes menores presentes en porcentaje menor, pero no despreciable, se pueden encontrar los siguientes carbohidratos: 2% de pentosanos, 2% de azúcares simples y 0,4% de celulosa. Desde el punto de vista tecnológico los pentosanos (básicamente arabinosilanos) son los más importantes, ya que influyen en la cantidad de agua absorbida y las propiedades del gluten formado (Wang *et al.*, 2004). También en pequeñas cantidades están presentes lípidos, minerales y diversas enzimas (Wrigley, 2006).

Por su importancia, las proteínas merecen ser especialmente consideradas ya que asumen un papel fundamental no solo desde el punto de vista nutritivo sino también por los efectos sobre la calidad industrial de este cereal (Cuniberti, 2007).

## **PROTEÍNAS: CONTENIDO Y CALIDAD**

Las proteínas del trigo, tanto su contenido como composición, son uno de los principales factores para la determinación de su calidad, ya que influyen en la reología de las masas y las propiedades de panificación (Carson *et al.*, 2009). En general, los trigos duros tienen altos contenidos proteicos y gluten fuerte por lo que son utilizados para la elaboración de pan, mientras que los trigos blandos con gluten débil y bajo contenido de proteínas, son preferidos en la elaboración de galletitas donde no es deseable el desarrollo de la red de gluten (Souza *et al.*, 1994)

Las proteínas de los granos de trigo se pueden dividir en dos grupos, las que son capaces de formar el gluten y aquellas que no lo forman. El gluten es definido como una masa viscoelástica blanca amarillenta formada por las proteínas de almacenamiento del grano de trigo, cuando se trabaja mecánicamente una mezcla de harina y agua. A través del lavado de la masa con agua se elimina el almidón y los componentes solubles y lo que

queda es el gluten. El gluten está formado por un 80% de proteínas y un 8% de lípidos con un resto de hidratos de carbono y cenizas (Eliasson y Larsson, 1993; Hoseney, 1994). Las propiedades reológicas de la masa son gobernadas por la estructura del gluten y las interacciones que se establecen entre las proteínas que lo componen. Las proteínas que integran el gluten se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endospermo del grano. Durante el amasado se produce la ruptura de estos cuerpos y su hidratación, formando una red tridimensional continua en la cual se encuentra embebido el almidón (León y Rosell, 2007). Esta red continua y elástica que retiene el dióxido de carbono liberado en la fermentación, permite que la masa se expanda durante la cocción dando volumen al pan.

Las proteínas que son capaces de formar gluten son proteínas de almacenamiento (gluteninas y gliadinas) y representan aproximadamente el 75-80 % del total. Entre las proteínas que no forman gluten (albúminas y globulinas), se encuentran la mayoría de las enzimas (Pomeranz, 1971). Estos polímeros de aminoácidos se clasifican según su solubilidad en: albúminas, solubles en agua, globulinas, solubles en soluciones salinas, gliadinas solubles en soluciones alcohólicas y gluteninas solubles en soluciones ácidas o alcalinas diluidas.

De acuerdo al tamaño molecular, las gluteninas pueden ser de alto peso molecular (HMW-GS, 80.000 – 130.000 Da) o de bajo peso molecular (LMW-GS, 10.000 – 70.000 Da). Las gluteninas y gliadinas son capaces de polimerizar durante el amasado formando una red denominada gluten, (Hoseney, 1991). Se considera en general que las gliadinas existen como monómeros y son las responsables de la viscosidad y extensibilidad del gluten, mientras que las gluteninas son las encargadas de conferirle fuerza y elasticidad mediante la formación de puentes disulfuro intermoleculares (Primard *et al.*, 1991; Hoseney, 1994).

La calidad y cantidad de proteínas del gluten determinan la fuerza de la masa. La calidad del gluten, depende fundamentalmente las gluteninas de alto peso molecular que están codificadas por los *loci Glu-A1, Glu-B1 y Glu-D1* en el brazo largo del cromosoma 1. Cada *locus* incluye dos genes ligados que codifican para dos tipos de gluteninas de alto peso molecular: subunidad tipo *x* y tipo *y* (Payne *et al.*, 1987). Estudios electroforéticos han revelado alto grado de polimorfismo en el número y la movilidad electroforética de

estas proteínas (Lawrence y Shepherd, 1980 y Payne *et al.*, 1981). Las distintas HMW-GS están estrechamente asociadas a la calidad panadera de los trigos y ciertas subunidades imparten efectos diferenciales sobre la calidad del gluten. Por ejemplo, el *locus Glu-D1* puede tener como variantes alélicas las subunidades 5+10 (asociadas a buena calidad del gluten) o la subunidad 2+12 (asociada a un gluten débil de baja calidad) entre otras (Payne *et al.*, 1981; Hosene, 1991 y Cuniberti, 2007). Se encontró que el *locus Glu-B1* de las HMW-GS es el de mayor variabilidad genética; entre ellas, las subunidades 7+8, 17+18, 7+9 asociadas a buena calidad panadera y por ej la 6+8 que tiene un efecto detrimental de la misma adaptándose bien para la elaboración de galletitas (Moiraghi *et al.*, 2011). Así mismo la presencia del alelo *Glu-B1a1* para la sobreexpresión de la subunidad de HMW-GS Bx7, incrementa la calidad del gluten produciendo masas mucho más fuertes (Butow *et al.*, 2003; Vawser y Cornish, 2004; y Pflüger *et al.*, 2008). Las subunidades de *Glu-A1*, 1 y 2\* son consideradas de calidad superior comparados con el alelo nulo. Estos alelos 1 y 2\* son los más representados en variedades de trigos de Latinoamérica según estudios realizados por Pflüger *et al.*, 1998; Gianibelli *et al.*, 2002 y Cuniberti, 2007. El alelo nulo se relacionó con harinas de menor granulometría y mejor calidad galletitera (Moiraghi, 2013).

Las gluteninas de bajo peso molecular y las gliadinas son un grupo de proteínas que presentan un efecto significativo en parámetros de calidad panadera. Sin embargo, debido al gran número de subunidades que codifican y su similar movilidad en A-PAGE y SDS-PAGE, resulta dificultosa la identificación y evaluación de las diferentes variantes alélicas en parámetros de calidad. Son muy polimórficas y abundantes, por este motivo han recibido menos atención que las HMG-GS. Por otro lado, se ha sugerido que el efecto de estos alelos no puede determinarse independientemente de la composición de HMW-GS (Gupta *et al.*, 1994; Demichelis *et al.*, 2008). LMW-GS juegan un rol fundamental en la resistencia y extensibilidad de las masas (D'Ovidio and Masci, 2004; Anjum *et al.*, 2007) y están codificadas por el loci *Glu-3* en el brazo corto del cromosoma 1 e incluso algunas formas formas alélicas causan importante efecto sobre las propiedades de la masa (Payne *et al.*, 1987; Gupta *et al.*, 1989). Está demostrado que en trigos argentinos los LMW-GS tienen una influencia igual o superior a las HMW-GS (Cuniberti, 2007).

## TEXTURA DEL GRANO

Los trigos se clasifican comercialmente en base a características que determinan sus potenciales usos industriales, dentro de los cuales se encuentran la textura del endosperma que determinará cuan duro o blando será el grano.

Con respecto a la dureza del endosperma se establece una clasificación para trigos hexaploides en **blandos** utilizados para la elaboración de galletas y productos de repostería y **duros**, deseables para los procesos de panificación, y para trigos *durum* tetraploides o candeales, la clase **extra duros** destinados a la elaboración de pastas (Peña *et al.*, 1998; Morris, 2002 y Ramwell y Lorena, 2004).

La textura del endosperma es una de las características de calidad panadera más importantes, ya que tiene un profundo efecto en la molienda, amasado y calidad de los productos finales. Las diferencias en textura del endosperma que existen entre las distintas variedades de trigo se explican por diferencias en la fuerza de adherencia entre la superficie de los granos de almidón y la matriz de proteínas dentro de las células del endosperma (Lillemo y Morris, 2000).

Para el grano de trigo la textura es normalmente definida como “resistencia que opone el grano a ser fracturado entre los rodillos del molino” (Giroux y Morris, 1997). Granos de textura dura requieren mayor energía en la molienda para la obtención de harina que aquellos de textura blanda, y durante el proceso de molienda los gránulos de almidón son físicamente dañados. Los gránulos de almidón dañado absorben más agua que los gránulos intactos y en consecuencia la harina proveniente de un trigo duro tiene mayor absorción de agua que una de trigo blando (Tipples *et al.*, 1994). La proporción de almidón dañado puede afectar las propiedades de la masa, la suavidad y textura de la miga de pan y el tiempo de envejecimiento del mismo. Estos efectos se deben a la absorción de agua y la degradación de los componentes del almidón que se incrementan considerablemente cuando el almidón es dañado durante la molienda (Peña *et al.*, 1998). Las harinas con gránulos intactos absorben menos agua y se prefieren para galletas dulces y bizcochuelos (Nisi *et al.*, 2004).

El almidón dañado, característico de trigos duros, afecta las propiedades de las harinas modificando la capacidad de hidratación ya que absorbe tres veces más agua que el almidón intacto (Bushuk, 1998), lo que ocasionaría un incremento en la dureza y una disminución del diámetro o capacidad de expansión de la galleta durante el horneado (Gaines *et al.*, 1988). También dificultaría el paso de la masa por la máquina de laminado y recorte (Pantanelli, 2002), características indeseadas en harinas destinadas a la elaboración de galletitas y productos de repostería (Hoseney, 1991; Giovagnoli, 2013).

En la definición de la textura de grano de trigo juegan un rol fundamental el complejo de proteínas denominada friabilinas que incluye la puroindolina A (PINA), la puroindolina B (PINB) y una tercera proteína llamada GSP (*grain soft protein*), siendo las puroindolinas las que representan las principales bases genéticas en la dureza de grano. Este carácter es controlado genéticamente por el *locus hardnes*, ubicado en el brazo corto del cromosoma 5D (Jolly *et al.*, 1993; Sourdille *et al.*, 1996; Tranquilli *et al.*, 1999; Hogg *et al.*, 2004). Lillemo y Ringlund, (2002) destacan que también existen otros factores genéticos menores que modifican el efecto de los alelos de puroindolinas. Se sabe que en los granos de textura blanda se encuentran presentes tanto las proteínas PINA como PINB y ambas son totalmente funcionales. Si alguna de las dos está ausente o presenta alguna mutación se producen granos con endosperma duro (Giroux y Morris, 1998, Tranquilli *et al.*, 1999; Morris, 2002; Bhave y Morris, 2008 y Pasha *et al.*, 2010). Así mismo, se ha especulado que la ausencia de PINA confiere mayor grado de dureza que mutaciones para PINB (Morris, 2002). Los trigos duros generalmente contienen algunas de las 8 variantes alélicas del *locus Pina-D1* o 17 de las variantes alélicas del *locus Pinb-D1*, (Bhave y Morris, 2008). Estas variantes alélicas influyen en las propiedades físico-químicas de la harina incluyendo tamaño de las partículas, almidón dañado, proteínas, contenido de ceniza, absorción de agua y volumen de pan (Martin *et al.*, 2001; Cane *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2009).

Tranquilli *et al.* (1999), desarrollaron marcadores moleculares que identifican las mutantes de ambos genes. Estudios realizados en el Instituto de Recursos Biológicos (IRB) del INTA Castelar en 101 variedades de trigos panaderos argentinos, presentaron en su totalidad dos variantes genotípicas igualmente representadas: *Pina-D1a* y *Pinb-D1b* o la inversa, *Pina-D1b* y *Pinb-D1a*, que es lo esperable para trigos duros, siendo las más

frecuentes la ausencia completa de PINA (nulo, alelo *Pina-D1b*) o un PINB no funcional (Tranquilli *et al.*, 2007). En estudios recientes, Vanzetti *et al.*, (2013), trabajaron con los mismos marcadores moleculares sobre un set diferente de 102 variedades de trigo y se detectaron las mismas variantes alélicas que en el trabajo de Tranquilli *et al.*, 2007 con excepción de una variedad que presentó la variante alélica *Pinb-D1c*.

Existen numerosos trabajos que explican el efecto de los distintos tipos de proteínas sobre la calidad de las harinas para la elaboración de pan, pero muy pocos relacionan la composición alélica de las proteínas de reserva y de las puroindolinas con la calidad de las galletitas (Moiraghi *et al.*, 2007).

Existen antecedentes de análisis de componentes de varianza sobre germoplasma de trigo argentino realizado por Cuniberti *et al.* (2004) y Cuniberti (2007), utilizando 200 genotipos de trigo duros y blandos en los cuales se consideraron como fuentes de variación el efecto ambiental, el contenido de proteína como covariable a fin de reducir la interacción de este componente sobre el resto de los componentes genéticos, y la variabilidad genética de HMWGS, CNN-CS  $\omega$ -gliadinas, puroindolinas (PINA y PINB), translocación de centeno 1BL/1RS, loci de *Glu-A3* y *Gli-B1*. Se observó que la mayor variación para contenido de proteína y gluten húmedo fue explicado por el factor ambiental y que los componentes genéticos para textura de grano, *Pina-D1* y *Pinb-D1* fueron los que explicaron el mayor porcentaje de variación de los principales parámetros de calidad como son W (49%), P (61%) e Ie (45%) del alveograma, tiempo de desarrollo del mixograma (25%), Zeleny test (25%) y tiempo de desarrollo del farinograma (17%).

Ahn *et al.* (2014), evaluaron el efecto de variantes alélicas para los loci de *Glu-D1*, *Glu-A3*, *Glu-B3* y *Pinb-D1* en propiedades físico químicas de la harina en 96 líneas de trigos doble haploide desarrolladas a partir de una cruce entre un trigo duro y un trigo blando. En su trabajo concluyeron que la composición alélica del locus *Pinb-D1* tuvo una fuerte contribución en la variación del rendimiento harina (78.8%), tamaño medio de partícula (83,55%) y almidón dañado (86,6%). Alelos de *Glu-D1* mostraron mayor influencia en el tiempo de desarrollo (51%) y tolerancia al amasado (10,8%), *Glu-B3* y *Pinb-D1* también afectaron significativamente estos parámetros pero en un porcentaje mucho menor. Variaciones alélicas de gluteninas y puroindolinas exhibieron poca influencia en el contenido de proteínas.

Labuschagne *et al.* (1997), estudiaron el efecto de la textura del grano de trigo sobre parámetros de calidad comercial e industrial. Para este estudio trabajaron con líneas de trigos derivadas de la tercer retrocruza utilizada para incorporar genes dominantes de textura blanda (padre donador) de un trigo de textura muy blanda con muy buena calidad galletitera y como padre recurrente un trigo de textura muy dura. En su trabajo concluyeron que con excepción del peso hectolítrico y el tiempo de desarrollo del mixograma, la presencia de endosperma blando tuvo un efecto en todos los parámetros utilizados para predecir calidad galletitera. En aquellas líneas de textura blanda se pudo observar un descenso de la capacidad de retención de agua alcalina, fuerza (W) y P/L de alveograma, rendimiento harina, contenido de proteína y un incremento significativo de la extensibilidad del alveograma y diámetro de galleta.

## **MEJORAMIENTO Y PRODUCCIÓN**

Los Programas de Mejoramiento Genético de Trigo (*Triticum aestivum* L.) tienen por objetivo fundamental obtener variedades de alto rendimiento y calidad para distintos usos industriales, capaces de generar productos diferenciados de alto valor agregado y garantizar homogeneidad y estabilidad en el tiempo.

Para ellos los fitomejoradores deben:

1. Conocer el control genético de los factores que componen al grano y entender la relación entre éstos y los parámetros de calidad.
2. Efectuar cruzamientos que combinen factores de composición de grano y que contribuyan a alcanzar la calidad deseable utilizando distintas estrategias.
3. Utilizar métodos rápidos y económicos que permitan seleccionar el germoplasma de trigo que posea la calidad deseada (Peña, 2003).

En particular, la relación de la textura con otros parámetros de calidad complican la predicción de uso final (Finney *et al.*, 1987). El efecto exacto de la textura sobre la calidad de uso específico puede ser determinado por el desarrollo de líneas isogénicas generadas a partir de retrocruzas que difieren solo en textura de grano (Labuschagne *et al.*, 1997).

Es importante la incorporación de técnicas que utilicen marcadores moleculares asociados a textura de grano para selección en Programas de Mejoramiento como complemento a los análisis de laboratorio, de modo de no realizar selecciones de textura erróneas. Una causa de una mala interpretación puede ser debido a la caracterización de una línea como “blanda” en base a su escasa fuerza de gluten siendo en realidad “dura” por puroindolina (Cuniberti, 2007).

El conocimiento de las relaciones genética-calidad ayudan a satisfacer las demandas de la industria en cuanto a características de harinas para distintos productos y alternativas de materia prima. El conocimiento de estas relaciones facilita la formulación de versiones más saludables de productos, el desarrollo y obtención de nuevos trigos con propiedades más adecuadas para cada producto específico.

## **HIPÓTESIS**

Diferencias en la composición alélica en los genes *Pina-D1* y *Pinb-D1*, relacionados con textura de grano, afectan significativamente los parámetros que definen la calidad industrial de un trigo y su potencial de uso final.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la influencia de la textura del grano de diferentes líneas de trigo sobre los parámetros de calidad y su efecto en la elaboración de galletitas dulces y crackers.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1- Evaluar la calidad industrial de líneas estabilizadas **BC3F4 de Buck Poncho** y **BC3F4 de Penawawa**, contrastantes en textura de grano (genes de Puroindolinas) para la elaboración de galletitas dulces y crackers.
- 2- Evaluar la relación entre la composición alélica-molecular y los parámetros físicoquímicos y reológicos obtenidos a través de la evaluación de calidad.
- 3- Proveer información de calidad industrial para la evaluación y selección de trigos destinados a la elaboración de galletitas dulces y crackers.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### MATERIAL VEGETAL

Para este estudio se utilizaron dos *set* de isopoblaciones BC3F4 contrastantes para el gen *Pinb-D1* relacionado con la textura de grano (TX). El primer set de isolíneas se desarrolló en el fondo genético (FG) de la variedad Buck Poncho (BP) la cual presenta excelente aptitud panadera, gluten fuerte, con una constitución de HMW-GS 2\* / 7<sup>oe</sup>+8\* / 5+10 y de textura dura (D) debido principalmente a que la variedad posee una mutación en el gen *Pinb-D1*. Al fondo genético de BP se le introdujo, mediante un proceso de retrocruzas y selección asistida por marcadores moleculares, el alelo normal del gen *Pinb-D1* proveniente de la variedad Penawawa (P) de textura blanda (B). El proceso de retrocruzas y selección asistida se realizó utilizando los marcadores moleculares desarrollados por Gautier *et al.*, (1994) y fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología de la EEA- INTA Marcos Juárez. El segundo set de isolíneas se desarrollo sobre el FG de la variedad P, una variedad que presenta antecedentes de buena aptitud galletitera, de gluten débil, con una constitución de HMW-GS nulo / 7+9 / 5+10 y que presenta textura blanda al contar con los dos alelos funcionales para los genes *Pina-D1* y *Pinb-D1*. Similar a lo realizado en el fondo genético de BP, a P se le introdujo mediante retrocruzas y selección asistida con marcadores el alelo mutado *Pinb-D1b* provisto en este caso por BP. La denominación y número de líneas utilizadas en el trabajo, variantes alélicas para los genes de puroindolinas *Pina-D1* y *Pinb-D1*, la constitución para HMW-GS (*locus Glu-A1*, *Glu-B1* y *Glu-D1*) se detallan en la Tabla 2.1

**Tabla 2.1.** Caracterización Molecular del material vegetal utilizado en el estudio

Iso-poblaciones/Líneas		N	Puroindolinas		HMW-GS		
Combinación FG*TX	Nro. entrada		<i>Pina-D1</i>	<i>Pinb-D1</i>	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1
Penawawa Blando (PB)	2-9-23-27-28	5	a	a	nulo	7+9	5+10
Penawawa Duro (PD)	1-3-4-6-7-8-24-25	8	a	b	nulo	7+9	5+10
Poncho Duro (BPD)	10-11-12-21	4	a	b	2*	7oe+8*	5+10
Poncho Blando (BPB)	13-14-15-16	4	a	a	2*	7oe+8*	5+10

N: cantidad de muestras a analizar; a: alelo blando, b: alelo duro

## EXPERIMENTO A CAMPO

Las 21 líneas fueron sembradas en el campo experimental de INTA de la Localidad de Marcos Juárez, Provincia de Córdoba, durante el año 2011. El ensayo se realizó siguiendo un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones y un tamaño de parcela de 5 m<sup>2</sup>. Una vez finalizado el ciclo del cultivo, la semilla fue cosechada y enviada al Laboratorio de Calidad Industrial y Valores Agregado de Cereales y Oleaginosas de la EEA Marcos Juárez para analizar la calidad comercial e Industrial.

## CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE PROTEÍNAS DE RESERVA

### Extracción de ADN genómico

Para la obtención de ADN genómico de trigo se utilizó un protocolo de microextracción basado en la metodología descrita por Weining and Langridge (1991). En este protocolo, de cada muestra a evaluar se cortó 10 cm del ápice de hojas jóvenes que se introdujeron con ayuda de una pinza en un microtubo de 2 ml. Inmediatamente después, el microtubo se colocó en un recipiente con Nitrógeno líquido a fin de evitar la degradación del ADN. Luego se molió con una varilla plástica el material vegetal congelado en el mismo microtubo hasta tomar la apariencia de un polvillo. Posteriormente, a cada muestra se le adicionó 800 µl de Solución de Extracción (100mM Tris-HCl pH 8, 500 mM NaCl, 50 mM EDTA pH 8 y 160 µl de SDS 20% p/v), se mezcló suavemente y se incubó en baño térmico a 65°C durante 40 min., agitándose por inversión cada 10 min. Una

vez concluida esta etapa, a cada muestra se le adicionó 1 ml de Fenol-alcohol Isoamílico 24:1 (Invitrogen), y el tubo se agitó vigorosamente hasta formar una emulsión. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 13.500 rpm durante 15 min. utilizando una microcentrífuga Eppendorf 5417 C. A cada microtubo se le extrajo la fase acuosa (sobrenadante) y se trasvasó a otros microtubos de 1,5 ml. A cada microtubo se le adicionó 1 ml de cloroformo, se agitó vigorosamente y se centrifugó a 13.500 rpm durante 15 min. Terminada la centrifugación, se tomó el sobrenadante y se los colocó en microtubos de 1,5 ml a los que se les adicionó 800 µl de Isopropanol y 80 µl de Acetato de Sodio 2,5 M. Cada microtubo se agitó suavemente por inversión para precipitar el ADN. Las muestras se centrifugaron a 13.500 rpm durante 5 min., se descartó el sobrenadante y el pellet obtenido en cada microtubo se lavó 3 veces con 800 µl de Etanol 70% (v/v). Luego del tercer lavado, se dejó secar el pellet a temperatura ambiente durante 15 min. y se lo resuspendió en 80 µl de Buffer Tris EDTA ( Tris Cl 10mM pH 8, EDTA 1mM pH 8) en baño térmico a 65°C durante 15 min. El ADN genómico obtenido se conservó a -20°C.

### **Extracción de Proteínas de Reserva**

Las proteínas fueron extraídas a partir de dos semillas de trigo molidas en un mortero, utilizando una solución de Dimetil Formamida (DMF) 1,5 M y a la fase insoluble se le extrajeron las proteínas según protocolo estándar de SDS-PAGE (Sambrook *et al.*, 1989). La relación volumen de solvente/peso de grano fue de 5:1 (µl:mg ). La solución se mezcló vigorosamente, se centrifugó durante 10 min. a 14.000 rpm y el sobrenadante se almacenó a -20 °C para futuros análisis de **Gliadinas** y **Secalinas**. El pellet obtenido fue conservado para la posterior extracción de gluteninas. Este pellet fue lavado con 1 ml de Tris-HCl 0,08 M pH 8,5 SDS 1% p/v por agitación con vortex de 20 seg. cada 10 min. durante 30 min. Luego se centrifugó 8 min. a 14.000 rpm y se eliminó el sobrenadante. Se repitió la extracción descartando el sobrenadante. Se resuspendió el pellet con una solución de Tris-HCl 0,08M pH 8,5 SDS 1% p/v dithiotreitol (DTT) 1,5% p/v para romper los puentes disulfuro quedando las gluteninas disponibles. El pellet resuspendido se extrajo durante 30 min. a 60°C con agitaciones periódicas, seguidos por centrifugación durante 10 min. a 14.000 rpm. Para la alquilación se agregaron a 200 µl del sobrenadante 2,8 µl de 4-vinyl-pyridina, luego la solución se incubó a 60°C durante 30 min. con dos vortex intermedios. Posteriormente se agregó 1 ml de acetona a cada muestra para precipitar las

gluteninas y se conservó durante toda la noche a -20°C. Al día siguiente cada muestra se centrifugó 10 min. a 14000 xg, descartándose el sobrenadante. Posteriormente, los pellets fueron resuspendidos en Tris-HCl 0,25 M pH 6,8 DTT 1,5% p/v. El volumen de solvente por peso de semilla fue de 5:1 (µl : mg) y luego se procedió al análisis de Gluteninas de Alto Peso Molecular (HMW-GS).

### **Análisis de Gluteninas de Alto Peso Molecular**

Las gluteninas se separaron en geles desnaturizantes de poliacrilamida (SDS-PAGE). Los geles de separación se prepararon del siguiente modo: considerando un volumen final de 30 ml se agregaron 10 ml de agua bidestilada, 12 ml de una solución de acrilamida/ bisacrilamida 30 % p/v (29,6/0,4) (T=12; C= 0,16), 7,5 ml de 1,5M TrisHCl pH 8,8, 300 µl de SDS 10%, 300 µl de APS 10% p/v (persulfato de amonio) y 12 µl de TEMED (Tetrametil etilendiamina). Una vez polimerizado el gel de corrida se realizó el gel de concentración (stacking) del siguiente modo: se mezclaron 2,7 ml de agua bidestilada, 0,67 ml de acrilamida/bisacrilamida 30 % (29,2/0,8) (T=5,06; C= 0,126), 0,5 ml de Tris 1,0 M pH 6,8, 40 µl de SDS 10% p/v, 40 µl de APS 10% p/v y 4 µl de TEMED. Una vez polimerizado el gel de concentración se sembraron 10 µl de muestra por calle y se corrieron toda la noche a 30 voltios constantes por gel. Los geles se tñieron al día siguiente en una solución de 5% Coomassie Blue (10 g/l de etanol), 12% Ac. Tricloroacético. Luego de ello, los geles se destñieron con una solución de ácido Acético/Metanol (7%/5%) durante 4-6 h.

### **Análisis de Puroindolinas**

La constitución de puroindolinas *Pina-D1* y *Pinb-D1* de cada muestra fue determinada utilizando marcadores moleculares basados en la técnica de PCR (*polimerase chain reaction*, Saiki *et al.*, 1988) desarrollados por Tranquilli *et al.* (1999).

Para la amplificación de *Pina-D1* se utilizaron los *primers Pina-D1-F* (ccc tgt aga gac aaa gct aa) y *Pina-D1-R* (tca cca gta ata gcc aat agt g) y para *Pinb-D1* los *primers PinB-D1-F* (atg aag acc tta ttc ctc cta) y *PinB-D1-R* (5'- tca cca gta ata gcc act agg gaa) (Gautier *et al.*, 1994). Las reacciones de PCR se llevaron a cabo en un termociclador MJ Research PTC100, utilizando 100 ng de ADN genómico, 1X Taq buffer, 250 µM de

dNTPs, 3 mM de MgCl<sub>2</sub>, 1 ng/ μL de cada *primer* y 1 U Taq Polimerasa (Promega) en un volumen final de 25 μl. El programa de PCR utilizado fue el siguiente: (1) desnaturalización del ADN a 94°C durante 3 min., (2) 35 ciclos de amplificación de 90 seg. a 94°C, 90 seg. a 55°C y 72°C durante 2 min. y (3) extensión del ADN de 10 min. a 72°C.

En el caso de la *Pinb-ID* una vez finalizada la reacción de PCR, 10 μl del producto fueron digeridos directamente con 3U de la endonucleasa de restricción *BsrBI*. La digestión se llevo a cabo a 37 °C durante 90 min.

Los productos de PCR y digestión fueron separados por medio de electroforesis en geles de agarosa al 2%, teñidos con Bromuro de Etidio y visualizados con luz UV. La electroforesis fue documentada por medio de una fotografía digital (Kodak).

## **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD INDUSTRIAL**

### **Contenido de Proteínas totales** (Norma AACC Method 39-25, 1998)

Se determinó el contenido total de proteína en grano (PROT) por espectroscopia de transmitancia en el infrarojo cercano con equipo NIT Infratec 1241 de Tecator, calibrado con método Kjeldahl. El resultado se expresa en porcentaje.

### **Peso Hectolítrico** (Resolución SAGPyA 1262/04)

El peso hectolítrico (PH) se determinó con un equipo de tecnología infrarroja NIT, Infratec 1241 de Tecator que mide el peso de un volumen de cien (100) litros de trigo tal cual, expresado en kilogramos por hectolitro (kg/hl). Se realizó previamente la calibración con la Balanza Schopper.

### **Peso de 1000 granos** (Norma IRAM 15853, 1975)

La determinación del peso de 1000 granos (P1000) se realizó empleando un contador de semillas electrónico, marca The Old Mill Company. Los granos rotos y materias extrañas fueron removidos de la muestra. El resultado se expresa en gramos.

## Dureza de Grano

La dureza de grano (DZA) se determinó sobre grano entero empleando un equipo NIT Infratec 1241 de Tecator calibrado según el método Single Kernel Characterization System (SKCS) que mide la fuerza o presión necesaria para aplastar el grano. Los resultados se expresaron como un Índice. En la tabla 2.2 se detallan las categorías de textura de grano en función de sus índices de dureza según AACC Método 55-31.

**Tabla 2.2.** Guía de valores de Textura de Granos.

CATEGORIAS	INDICE DE DUREZA
Extra Duro	>90
Muy Duro	81-90
Duro	65-80
Semi-Duro	45-64
Semi-Blando	35-44
Blando	25-34
Muy Blando	10-24
Extra Blando	<10

## Color de Grano

Se realizó empleando el Colorímetro Chroma Meter CR-410 con cabezal de 50 mm Konica Minolta, según método descrito por el fabricante. El color se expresó mediante el método triestímulo Hunter-Lab, a partir del cual se obtuvo el Índice de claridad “L”, donde L (LCOLOR): 100 indicaría color blanco y L: 0 color negro y la tonalidad “a y b”, donde +a: tono verde, -a: tono rojo, +b: tono amarillo y -b: tono azul.

## **Molienda Experimental**

La molienda Experimental se llevo a cabo con molino Chopin según manual del fabricante. De cada muestra de trigo se tomaron aproximadamente 1,500 Kg de grano para la molienda. El grano se acondicionó a 15,5% de humedad durante 24 horas antes del proceso de molienda, lo que facilita la separación del salvado y del endosperma. El molino cuenta con dos unidades independientes: la unidad de roturas o quebrado del grano que consta de 3 juegos de rodillos estriados y la unidad de reducción, la cual consta de 2 juegos de rodillos lisos. Para la obtención de harina se mezclaron los pasajes de harina de ambas secciones del molino conformando una única muestra. Se calcula el porcentaje de extracción (RENDH).

### **Humedad** (Norma IRAM 15850-1, 2009)

El contenido de humedad (H) de la harina se llevó a cabo a cabo en Estufa de Circulación de Aire Forzado marca Tecnodalvo a 130°C durante 1 hora. El resultado se expresa en porcentaje.

### **Cenizas en harina** (Norma IRAM 1585, 2001)

Para la determinación de cenizas en harina (CEN) se pesaron 5 g de muestra, se colocaron en cápsulas de porcelana pesadas previamente y se incineraron en mufla a 920°C durante 2 horas. Luego se enfriaron en un desecador con Sílica Gel y al cabo de 3 horas se pesaron las cápsulas nuevamente. La diferencia de peso de las mismas permite calcular el contenido de cenizas referido a sustancia seca y expresado en porcentaje.

### **Determinación de Gluten** (Norma IRAM 15864-2007).

Para la determinación de gluten húmedo (GH) se utilizó el método de lavado automático con el equipo Glutomatic 2200 de Perten Instrument. El proceso se efectúa lavando con solución salina al 2% una muestra de harina de 10 g. Primeramente se amasa 20 segundos y luego se realiza el lavado durante 5 minutos con la solución salina. El producto obtenido se lo somete durante un minuto a la acción de una centrífuga en el interior de unos *cassettes* y posteriormente se pesa para obtener el valor del gluten húmedo en porcentaje (base 14% humedad).

El porcentaje de gluten húmedo que permanece sin atravesar el tamiz del *cassette* después del centrifugado, se define como Gluten Index (GI) y se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{GLUTEN INDEX} = \frac{\text{Gluten que permanece en el tamiz (g)}}{\text{Gluten total (g)}} \times 100$$

Si el gluten es muy flojo puede que atravesase todo el tamiz teniendo entonces el Gluten Index un valor cero, lo que estaría indicando la presencia de trigos débiles. En el caso de que nada de gluten atravesase el tamiz, el Gluten Index sería de 100 %, valor que correspondería a trigos muy fuertes.

Para obtener el valor de gluten seco (**GS**) se lo coloca durante 4 minutos en el Glutork a 150°C y posteriormente se pesa. El resultado se expresa en porcentaje.

### **Perfil de Viscosidad** (Norma ICC, Standard No. 162 ,1996)

Para analizar el perfil de viscosidad de las muestras se utilizó un viscoanalizador, *Rapid Visco Analyzer* (RVA- super 4; Newport Scientific Pty. Ltd., Australia) siguiendo el perfil del método estándar 1. Para el análisis se formó una suspensión de harina y agua para lo cuál se mezclaron 3,0 g de harina (al 14% de humedad) con 25 ml de agua destilada en un frasco de aluminio (*canister*). La suspensión se sometió a un proceso de calentamiento y enfriamiento con agitación mecánica. Durante el proceso, se registraron los valores de viscosidad y temperatura. El análisis de estos datos fue llevado a cabo utilizando el *software* Thermocline para Windows suministrado por el fabricante del equipo.

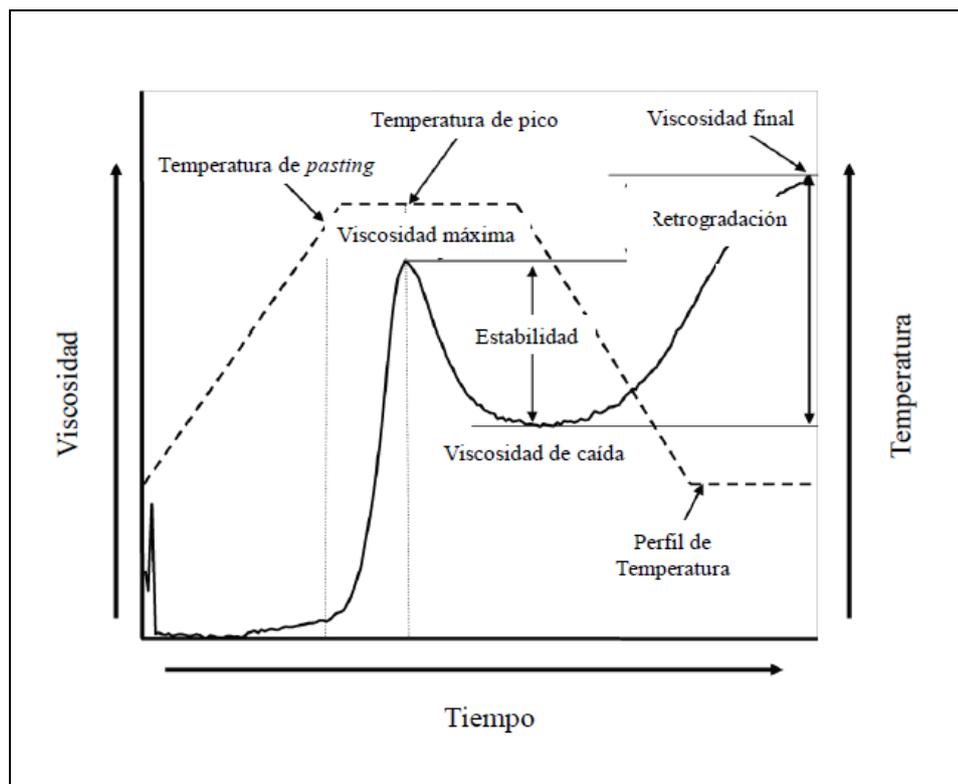
#### Detalle perfil Estándar 1:

Tiempo (min)	Tipo	Valor
00:00	Temperatura	50 °C
00:00	Velocidad	960 rpm
00:10	Velocidad	160 rpm
01:00	Temperatura	50 °C
04:42	Temperatura	95 °C
07:12	Temperatura	95 °C
11:00	Temperatura	50 °C
13:00	Finalización del <i>test</i>	

Los cambios en la viscosidad de la suspensión se dan por la mayor o menor respuesta ante los aumentos y disminución de temperaturas, por la acción mecánica y por la licuefacción de la alfa-amilasa presente en a la harina.

Los parámetros obtenidos son:

- Viscosidad máxima (VISCMAX): Se relaciona con la capacidad de absorción del agua por el parte del almidón o la mezcla.
- Viscosidad media (VISCMED): Es el menor valor de viscosidad antes de que comience la retrogradación. Se encuentra en la etapa final del calentamiento a temperatura constante, antes de disminuir la temperatura.
- Viscosidad final (VISCFINAL): Indica la capacidad del material para formar una pasta o gel viscoso después del calentamiento y enfriamiento.
- *Set Back* o Retrogradación (SETBACK): diferencia entre viscosidad final y viscosidad media. Cuando la pasta vuelve a enfriarse el almidón se reorganiza, y como consecuencia de este fenómeno, la viscosidad vuelve a incrementarse. Este fenómeno ha sido correlacionado con la textura de varios productos.
- *Break down* o Estabilidad (BDOWN): diferencia entre Viscosidad máxima y Viscosidad media. Se encuentra en la etapa en la cual se mantiene la pasta a temperatura constante (normalmente a 95°C).
- Temperatura de pasting (TPASTING): es la temperatura al inicio del aumento de la viscosidad.



**Figura 2.1.** Curva de RVA tipo y sus principales indicadores (Newport Scientific, 1998).

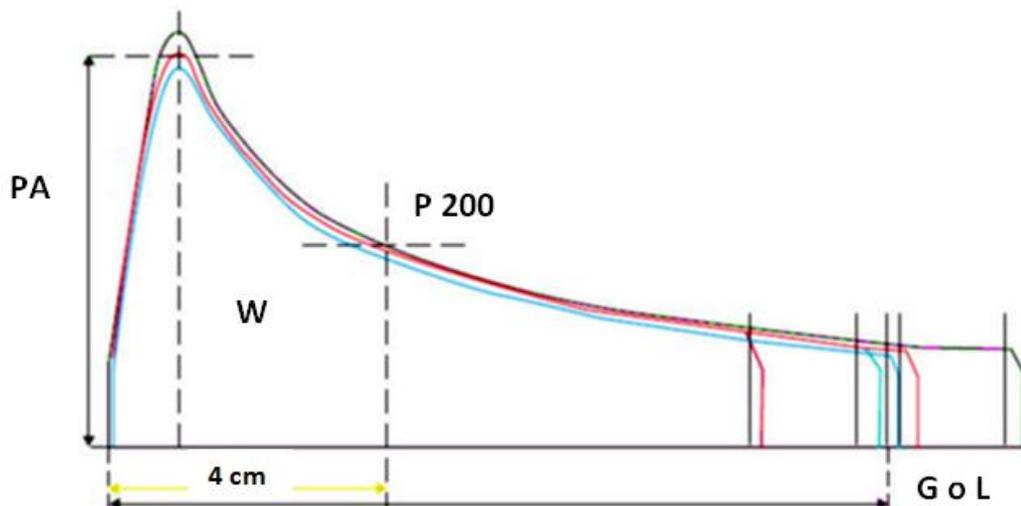
### **Alveograma** (Norma IRAM 15857, 1995).

La determinación se llevó a cabo con un Alveógrafo - Consistógrafo NG de Chopin. Este equipo simula gráficamente el comportamiento de la masa durante la fermentación. Para ello, se insufla aire a un disco de masa que se hincha hasta su ruptura simulando la deformación de la masa ocasionada por el gas producido durante la fermentación. Las curvas resultantes llamadas alveogramas registran las presiones que se generan mientras se está formando la burbuja.

La masa se armó a partir 250 g de harina y solución de ClNa al 2,5% en cantidad suficiente para llevar la masa al 50% de absorción de agua, de acuerdo al contenido de humedad inicial de la harina. Se amasó durante 8 min y luego se laminó a espesor predeterminado. Se cortaron 5 discos de 5 cm de diámetro para cada muestra. A cada una de las piezas de masa aplanada, previo reposo de 20 min en cámara a 25°C, se le insufló

aire para formar un alvéolo (burbuja) con una extensión biaxial. Las variaciones de presión dentro del alvéolo se graficaron en función del tiempo. A partir de la forma y área de los alveogramas procesados por el Alveolink, se calcularon automáticamente los parámetros que se detallan a continuación:

- **W:** trabajo de deformación de la masa o fuerza panadera. Representa la cantidad de energía necesaria para la deformación permanente de la masa. El W es el área debajo de la curva y es el principal parámetro que define la calidad industrial de un trigo. Este parámetro permite clasificarlos en duros, semiduros y blandos (Cuniberti *et al.*, 2000; Cuniberti, 2001; Vázquez, 2009; Gómez Pallarés *et al.*, 2007).
- **PA:** Tenacidad o resistencia de la masa a la deformación. Está dado por la altura de la curva.
- **L:** Extensibilidad. Es la extensión máxima que puede adquirir la masa sin romperse. Está dado por el largo de curva.
- **P/L:** relación tenacidad y extensibilidad. Expresa el equilibrio de las masas.
- **Ie:** Índice de elasticidad. Resistencia elástica de la masa durante la deformación biaxial. Ie se define como la relación entre P200 y PA como un porcentaje, donde P200=presión tras el insuflado de 200 ml o 4 cm desde el origen de la curva.



**Figura 2.2.** Curva Alveográfica. Alveo consistógrafo NG de CHOPIN. Manual del fabricante, 2006.

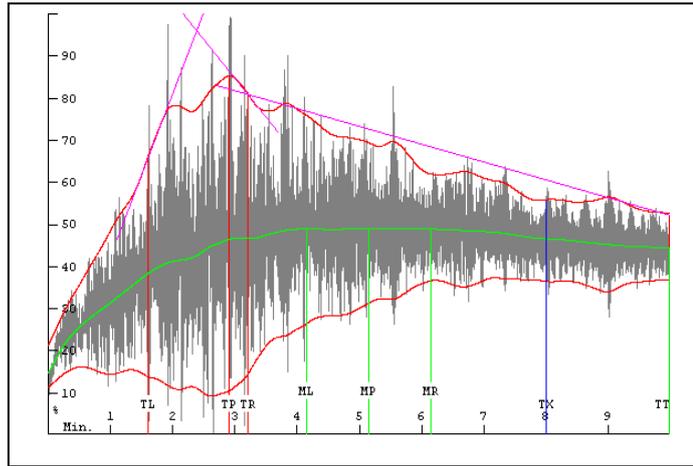
## **Mixograma** (Norma AACC 54-40, 1998)

El mixograma se determinó con un equipo Mixógrafo National Computalizado con una amasadora de 10 gramos. Esta determinación es una herramienta útil para determinar propiedades funcionales de la masa (Khatkar *et al.*, 1996). Mide y registra la resistencia de la masa al amasado. La curva indica el tiempo óptimo de desarrollo, la máxima consistencia, la tolerancia al sobre amasado y otras características de masa. Es un equipo utilizado para selección en Programas de Mejoramiento de Trigo ya que requiere poca cantidad de muestra. Para el ensayo, la absorción óptima de agua se estimó a partir del contenido proteico de la harina y se corrigió en base al contenido de humedad (14%). Así, por ejemplo, para una harina de 11% de proteína y 14% de humedad corresponde pesar 10 gramos de harina y agregar 6 ml de agua para el análisis.

Los parámetros obtenidos son:

- **TD:** Tiempo de desarrollo. Denominado también tiempo óptimo de mezcla, porque es el tiempo requerido para que la masa alcance una consistencia óptima, relacionado con el desarrollo del gluten.
- **ALP:** altura del pico máximo. Consistencia en el tiempo óptimo de la mezcla.
- **AnP:** Ancho del pico
- **A8min:** ancho a los 8 minutos.
- **AREAP:** Área de la curva. Relacionado con todos los parámetros medido en el mixograma en concordancia con su origen y es un indicativo de la fuerza de la masa. Este parámetro engloba toda la información obtenida en el mixograma. El área de la curva se calcula desde el inicio del mezclado hasta el TD.

El alto de banda indica consistencia de masa y tiene alta correlación con el contenido de proteína, dureza de grano y porcentaje de almidón dañado. Los anchos de banda indican tolerancia al amasado. Ambos parámetros se expresan como un porcentaje de los valores de torque sobre la escala total (eje Y).



**Figura 2.3.** Curva Mixográfica. Trigo Argentino. Informe Institucional sobre su calidad. Cosecha 2014/15.

### **Capacidad de Retención de Solventes (Método 56-11, AACC).**

La capacidad de retención de solvente (SRC) es el peso ganado por la harina luego de la hidratación con distintos solventes (sacarosa 50% p/p, carbonato de sodio 5% p/p, ácido láctico 5% p/p y agua destilada) y el posterior centrifugado. El patrón de comportamiento obtenido para cada solvente se relaciona con la calidad de la harina para elaborar distintos productos de panificación. El SRC Acido Láctico (**SRCL**) se asocia con las características de las gluteninas; el SRC de Carbonato de Sodio (**SRCC**) se asocia con los niveles de almidón dañado; el SRC de Sacarosa (**SRCS**) se asocia con el contenido de pentosanos y el SRC de Agua (**SRCA**) con todos los componentes de la harina capaces de absorber agua (Gaines, 2000).

Para realizar este test se pesaron 5 g de harina en tubos para centrifuga de 50 ml, luego se adicionaron 25 g de solvente y se dejó hidratar la harina durante 20 min con sucesivas agitaciones cada 5 min. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 1000 g durante 15 min, se descartó el sobrenadante y se dejó escurrir el tubo a 90° durante un lapso de 10 min. Por diferencia de peso se determinó la cantidad de agua retenida obteniéndose el porcentaje SRC mediante la siguiente fórmula:

$$\%SRC = \left[ \frac{PG}{PHA} \times \left( \frac{86}{100 - \%H} \right) - 1 \right] \times 100$$

PG = peso del gel; PHA = peso de la harina; % H = porcentaje de humedad

La relación capacidad de retención de solventes (**RELSRC**) es un índice de desempeño del gluten el cual permite evaluar la presencia de gluten en relación a los otros componentes de la harina. Un valor más elevado se traduce como una alta funcionalidad del gluten. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{RELSRC} = \frac{\text{SRCL}}{(\text{SRCC} + \text{SRCS})}$$

**Ensayo de Calidad Galletera** (Método del Instituto Americano de Panificación (ABI) – Kansas, Manhattan. USA (AACC 10-50D).

Este análisis es una prueba directa en pequeña escala donde se evalúa la aptitud de la harina para la elaboración de galletitas, permitiendo observar características importantes para la industria galletera como son: diámetro, altura y aspecto exterior e interior de las mismas. Según Finney y Andrews (1986), el diámetro de galleta es un excelente indicador de la calidad de trigo blando, un diámetro más pequeño de la galleta estaría indicando que es menos adecuada esa harina para la elaboración de galletitas.

La relación entre la altura de cuatro galletas y largo de cuatro galletas tomadas al azar se define como “factor galleta” o *cookie factor* (CF) y es otro parámetro determinante de la calidad galletitera ampliamente utilizado, cuyo valor se expresa en porcentaje (León *et al.*, 1996).

Las características de apariencia superficial y color de las galletitas se evalúan por inspección visual y comparación con patrones previamente caracterizados por especialistas de la industria galletitera según Instructivo de Trabajo del Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas. INTA- EEA Marcos Juárez. PT-ME 08: Ensayo de calidad galletitera).

Primeramente se preparó una crema con los siguientes ingredientes:

- Azúcar impalpable..... 27 g
- Grasa vegetal..... 20 g
- Leche en polvo..... 2,25 g
- Bicarbonato de sodio..... 0,50 g
- Sal..... 0,42 g

Luego se tomaron 50,37 g de la crema y se mezclaron con 8,5 ml de agua durante un minuto. Se incorporaron los 45 g de harina y se amasaron durante 2 minutos. Se armó un cilindro manualmente de unos 10 cm de largo por unos 4 de diámetro. Se colocó entre dos varillas planas de madera de 7 mm de alto, separadas 5 cm, y se estiró con un palo de amasar. Luego se cortó con un moldeador metálico de 5 cm de diámetro para obtener 4 discos que se llevaron a horno por 10 min a 180°C. Luego se procedió a su evaluación.

### **Elaboración de Galletitas Cracker** (Método de una sola vez)

Se realizó siguiendo el método Masa de una sola vez (Manley, 1989) adaptado por el Laboratorio de Calidad Industrial y Valor Agregado de Cereales y Oleaginosas, de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Marcos Juárez.

Esta prueba a pequeña escala permite evaluar la aptitud de la harina para la elaboración de galletitas cracker, permitiendo observar características de interés de la industria.

A continuación se detallan los ingredientes utilizados:

#### **Masa:**

- Harina..... 100 g
- Azucar..... 1,0 g
- Extracto de malta..... 2,5 g
- Grasa..... 16,0 g
- Bicarbonato..... 0,2 g
- Sal..... 1,5 g
- Agua destilada..... 34 ml

#### **Polvo cracker:**

- Harina..... 100 g
- Grasa..... 33 g
- Sal..... 1 g

Se mezclaron los ingredientes amasando a 90 rpm durante 2 minutos en una amasadora National, quedando una masa dura. Luego se llevó a la fermentadora durante 4 horas a 30°C y 85-90 % humedad. Se laminó la masa pasándola por una sobadora-laminadora National de modo de obtener una lámina de 0,32 cm espesor de manera gradual. Luego se dispuso la masa estirada sobre una mesada y la mitad de la misma se espolvoreo con polvo cracker, se dobló y laminó nuevamente. Se repitió este procedimiento 5 veces. No se debe utilizar más de 20 gr de polvo cracker por muestra. Una vez que se contó con la lámina de masa se calibró la misma llevándola a un espesor deseado, para ello se paso por los rolos de una máquina para hacer pastas marca Pasta Linda clásica utilizando como separación de rolos el punto 6. Se cortó y punteó la masa con molde matriz cuadrado de 5 cm. Las galletas cracker se dispusieron en placas enlozadas con papel manteca y se hornearon por 5 min a 260°C en horno rotativo. Se dejaron enfriar y luego se procedió a su evaluación mediante la determinación de los siguientes parámetros:

- **LC:** largo cracker (medida en el sentido de la laminación).
- **ANC:** ancho de la cracker.
- **P10:** peso 10 cracker.
- **A10:** alto 10 cracker.
- **A10/P10:** alto 10 cracker/ peso 10 cracker.
- **MED/P10:** media entre ancho y largo cracker/peso 10 cracker.

La relación A10/P10 es el parámetro más utilizado.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Se realizó análisis de varianza para cada una de las variables observadas tomando como fuente de variación el fondo genético, la textura de grano y su interacción. Los promedios se compararon mediante el test de LSD de Fisher.

Se determinó la correlación existente entre parámetros obtenidos a partir de los métodos SRC, mixograma y alveograma, con los obtenidos a partir de la elaboración de galletitas dulces y crackers. También se determinaron las correlaciones entre proteína y los

principales parámetros de calidad comercial e industrial. La relación entre los parámetros se determinó mediante el test de Pearson con un nivel de significancia  $p < 0,05$ .

Se realizó componentes principales con su correspondiente biplot, asociando primeramente variables de calidad físico químicas e industriales (PROT, DZA, SRC, TD, W y P/L) con cultivares (caracterizados por su FG y TX). En segundo lugar se realizó otro análisis de componente principales asociando variables de calidad de galletitas dulces (CF, DG) y crackers (A10/P10, P10 y MED/P10) con cultivares.

Posteriormente, se realizó análisis de regresión múltiple con selección de variables Stepwise para estimar los principales parámetros para evaluar calidad galletitera utilizando separadamente los parámetros de SRC, mixograma y alveograma.

Los datos se analizaron mediante software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2014).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fin de evaluar la calidad industrial de líneas estabilizadas BC3F4 de Buck Poncho y BC3F4 de Penawawa, contrastantes en textura de grano (genes de puroindolinas) para la elaboración de galletitas dulces y crackers, se efectuó la caracterización completa de la calidad Industrial según se describió en materiales y métodos. En el Anexo 1 se presentan los datos de calidad comercial e industrial de las líneas analizadas. En el Anexo 2 se presenta la caracterización molecular de las líneas consideradas en este estudio.

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

En las Tablas 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5. y 3.6. que figuran a continuación, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) con los respectivos valores de  $p$  de los test F para cada una de las fuentes de variación: fondo genético (FG), la textura de grano (TX) y su interacción (FG\*TX) y los correspondientes coeficientes de variación (CV) de los parámetros de calidad físicos, químicos e industriales que se determinaron sobre grano, harina y galletitas dulces y crackers. El CV modelo 1 toma en cuenta la variación aleatoria entre repeticiones y la variación existente entre líneas isogénicas. El CV modelo 2 solo contiene el error aleatorio, por dicho motivo es que el CV modelo 1 es mayor que el CV modelo 2 ya que hay diferencia entre las distintas líneas isogénicas o hermanas. También se presentan los promedios para cada variable y para cada nivel de factores con sus respectivos test de comparación múltiple de Fisher.

En la Tabla 3.1. se presentan los resultados de: PH, P1000, DZA., PROT., LCOLOR, RENDH, CEN, GH, GS y GI. La variable FG mostró un efecto altamente significativo ( $p < 0,001$ ) para todos los parámetros de calidad evaluados, con la excepción de P1000 y RENDH. Este resultado concuerda con lo esperado ya que los fondos genéticos utilizados son contrastante como se describió en Materiales y Métodos.

Al evaluar el efecto TX para los parámetros mencionados se observó un efecto significativo para DZA, PROT, RENDH, CEN y LCOLOR ( $p < 0,001$ ).

DZA, PROT, RENDH y CEN mostraron un aporte a la interacción FG\*TX indicando que la textura afectó de distinta manera según el FG (Figura 3.1).

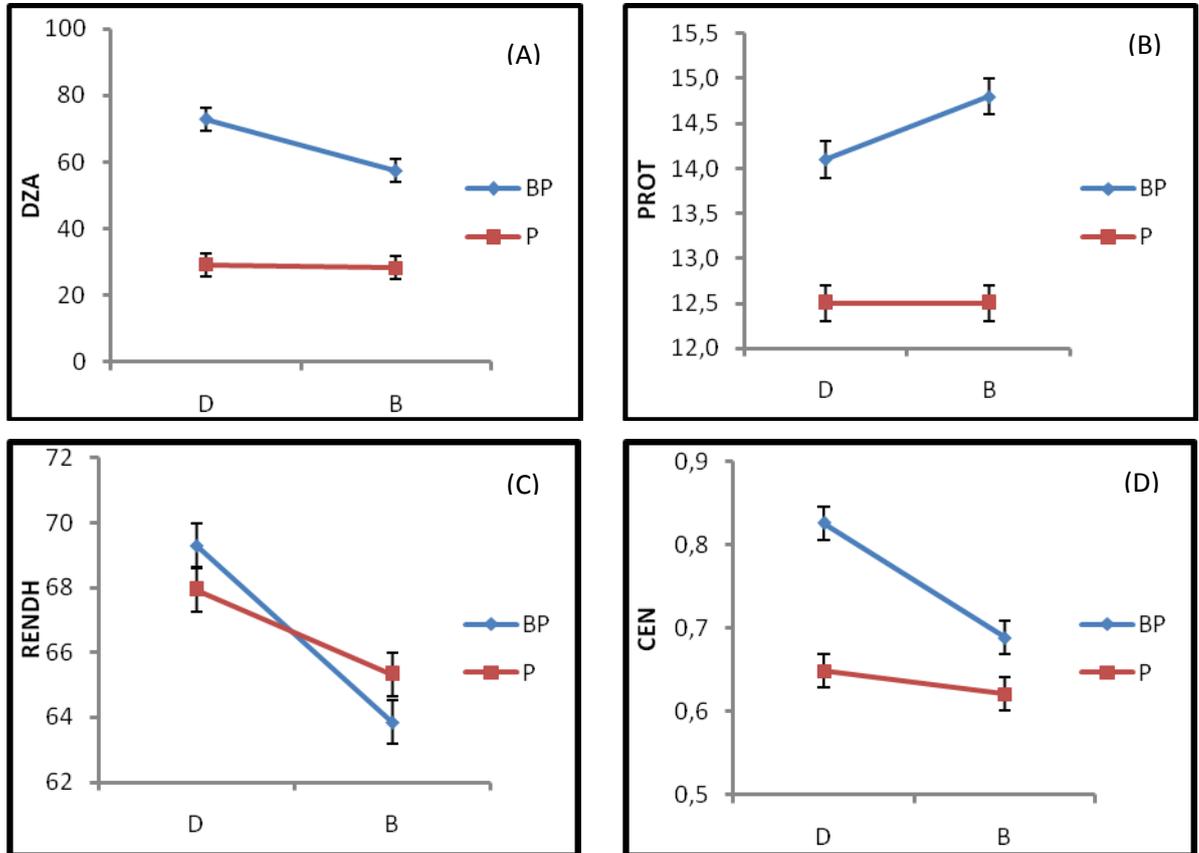
**Tabla 3.1.** Análisis de varianza de parámetros de calidad comercial e industrial de grano y harina de trigo. Valores de probabilidad y promedios.<sup>12</sup>

	PH	P1000	DZA	PROT	LCOLOR	RENDH	CEN	GH	GS	GI
FG	< 0,0001	0,3967	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,9203	<0 ,0001	< 0,0001	< 0,0001	<0,0001
TX	0,3235	0,5714	0,0019	0,009	0,0058	< 0,0001	< 0,0001	0,2964	0,4483	0,2262
FG*TX	0,0763	0,0675	0,0058	0,0241	0,1301	0,0038	0,0004	0,9108	0,1531	0,1844
CV MOD 1	1,708	7,5100	22,496	4,214	2,298	2,6980	8,146	8,285	7,547	5,601
CV MOD 2	1,176	4,0390	9,295	3,2	1,575	1,6390	5,11	4,763	5,726	3,75
BP	78,25 b	33,17 a	65,17 b	14,4 b	44,09 a	66,58 a	0,758 b	30,1 b	11,2 b	100 b
P	75,39 a	32,62 a	28,71 a	12,5 a	51,39 b	66,62 a	0,635 a	26,9 a	9,0 a	91 a
D	76,99 a	32,71 a	51,03 b	13,3 a	47,32 a	68,61 b	0,738 b	28,8 a	10,2 a	96 a
B	76,65 a	33,08 a	42,85 a	13,7 b	48,16 b	64,59 a	0,655 a	28,1 a	10,0 a	94 a
BP-D	78,73 b	33,58 b	72,86 c	14,1 b	43,45 a	69,30 d	0,826 c	30,4 b	11,2 b	100 c
BP-B	77,77 b	32,75 ab	57,48 b	14,8 c	44,73 b	63,85 a	0,689 b	29,8 b	11,3 b	100 c
P-D	75,25 a	31,83 a	29,20 a	12,5 a	51,19 c	67,93 c	0,649 a	27,2 a	9,2 a	93 b
P-B	75,53 a	33,40 ab	28,22 a	12,5 a	51,58 c	65,32 b	0,621 a	26,5 a	8,7 a	89 a

1-Test F de los ANOVA: P<0,01: altamente significativo; 0,01<p<0,05: significativo; p>0,05: NS. Medias con letras iguales en los test de comparaciones múltiples no son significativamente diferentes para cada fuente de variación, p=0,05; 2- Peso Hectolítrico (PH), Peso de 1000 granos (P1000), Dureza (DZA), Proteína en grano (PROT.), L Color (Color de Grano), Rendimiento en harina (RENDH), cenizas en harina (CEN), Gluten Húmedo (GH), Gluten Seco (GS) y Gluten Index (GI).

La DZA fue significativa para las 3 fuentes de variación. El mayor índice de dureza observado fue el de BP-D con 72,86, seguido de BP-B con 57,48 y finalmente P-D y P-B sin diferencia significativa entre ellos con un promedio de 28,71 (Figura 3.1.A). Según la tabla de clasificación de dureza de la AACC, Method 55-31, BP-D estaría caracterizado por su valor como duro, BP-B semi duro, y P-D y P-B como blandos. El cambio de textura en FG de BP no fue suficiente como para alcanzar los bajos niveles de dureza obtenidos con fondo genético de Penawawa. La mayor influencia en los valores de dureza medidos fue debido al FG. Esto indicaría que existen otros factores además del complejo de proteínas friabilinas, principalmente de puroindolinas que estarían afectando la dureza del grano. Turnbull y Rahman (2002); Anjum y Walker (1991) describen que la dureza de grano es influenciado por diversos factores que incluyen condiciones ambientales, factores físicos y químicos del grano como contenido de proteínas, vitreosidad del grano, humedad del grano, contenido de materiales solubles, contenido lipídico y de pentosanos. Por otro

lado Gaines (2004) y Adamski *et al.* (2010) reportaron una alta correlación entre la dureza de grano y el contenido de proteínas de un trigo.



**Figura 3.1** Promedios de parámetros de calidad comercial e industrial que presentan aporte a la interacción FG\*TX. (A) DZA, (B) PROT, (C) RENDH, (D) CEN.

El contenido de proteína es una característica del grano de trigo cuya expresión depende de factores genéticos, ambientales y de manejo (Cuniberti, 2011). Están constituidas por proteínas funcionales (formadoras de gluten) y no funcionales (no formadoras de gluten). En este estudio este parámetro presentó interacción FG\*TX altamente significativa donde BP-B tuvo un contenido de proteínas de 14,8%, BP-D 14,1% mientras que P no presentó diferencias al cambiar su textura con un valor de 12,5% (Figura 3.1.B). Contenidos de PROT de líneas B de *backcross* fueron menores que en líneas derivadas D según Labuschagne *et al.* (1997). Si bien antecedentes bibliográficos atribuyen menores contenidos proteicos a los trigos blandos que a trigos pan (Kiszonas *et al.*, 2015; Bushuk, 1998; Doescher y Hosney, 1985; Rogers *et al.*, 1993; Parey y Delcour, 2008), en este estudio se puede observar que no serían las puroindolinas las únicas responsables de esta regulación génica. Al hacer las retrocruzas luego de cambiar la

textura, si bien se recuperó gran parte de la composición genética de los progenitores ya que en BC3F4 se recuperaría en promedio un 94% del fondo genético recurrente (com. pers. Dr. Vanzetti Leonardo, 2015), algunos parámetros de calidad del grano pueden modificarse respecto de lo esperado como en este caso la PROT. Esto podría estar indicando que otros genes no controlados, estarían influyendo en la calidad de uso final. Según Tranquili *et al.*, 2007 esto pueden deberse a un efecto pleiotrópico de los genes de puroindolinas o algún gen ligado a ellos. Un estudio similar realizado sobre las mismas líneas en campaña agrícola anterior mostraron el mismo comportamiento (Mir *et al.*, 2012).

El RENDH es la cantidad de harina que se puede obtener al moler un trigo. Con el incremento en la dureza del grano se necesita mayor energía para la molienda y se tiene mayor rendimiento de harina (Nelson *et al.*, 2006). Bergman *et al.* (1998) señalaron que la variación en el rendimiento en harina entre los distintos cultivares se debe a la cantidad de endosperma que tiene el grano y al grado de unión existente entre las células de la aleurona con las del endosperma. En trigos duros, las células del endosperma se separan fácilmente, mientras que en blando las células tienden a fragmentarse, desprendiéndose, mientras que otra parte queda unida al salvado. A partir de trigos blandos se obtienen partículas de harina más finas comparado con trigos duros utilizando el mismo proceso estandarizado de molienda (Gaines, 1985). En este trabajo las isolíneas con TX D tuvieron un RENDH de 68,61% en promedio vs. 64,59% de aquellos con TX B, lo cual concuerda con lo descrito por Parey y Delcour (2008) y Rogers *et al.* (1993). Por otro lado, también se observa interacción FG\*TX donde el cambio de textura afectó el RENDH en mayor media en BP (5,45%) que en P (2,61%) (Figura 3.1.C). Si bien la textura modificó el RENDH disminuyendo su valor de acuerdo lo esperado, la interacción detectada sugiere que no solamente está afectado por la textura sino que hay otros factores que pueden modificarla dentro de un FG, lo cual es explicado por Graybosch *et al.* (1996); Morris y Rose (1996) y Gaines *et al.* (1997), quienes mencionan que el rendimiento en harina del grano está relacionado con factores físicos del grano de trigo, como peso, dureza, tamaño y forma. Labuschagne *et al.* (1997) también encontraron que derivadas B de *backcross* tuvieron menor RENDH que las derivadas duras.

BP-D presentó un valor de CEN marcadamente superior al resto con 0,826 % s.s.s, siguiendo BP-B 0,689% y luego P-D y B sin diferencias entre sí con un valor promedio de

0,635% (Figura 3.1.D). El mayor efecto se pudo observar al ablandar la textura de BP. Según Martin *et al.*, 2001, la dureza de grano está directamente correlacionada con el contenido de cenizas.

Macroscópicamente, la morfología de grano de trigo duro o blando es similar. No se observan diferencias significativas en el tamaño y el peso del grano entre líneas isogénicas cercanas de granos duros y blandos que sean cultivados en ambientes similares (Turnbull y Rahman, 2002). En la Tabla 3.1 se puede observar que el PH, solo fue significativo para el FG promediando 78,25 kg/hl para BP *versus* 75,39 kg/hl de P. El P1000 no presentó diferencias significativas para el FG, la TX, ni su interacción.

Los granos provenientes del FG de BP presentaron un valor menor de LCOLOR (44,09) indicando un color de grano más oscuro, mientras que P mostró un valor mayor con 51,39, siendo los mismos mas blancos.

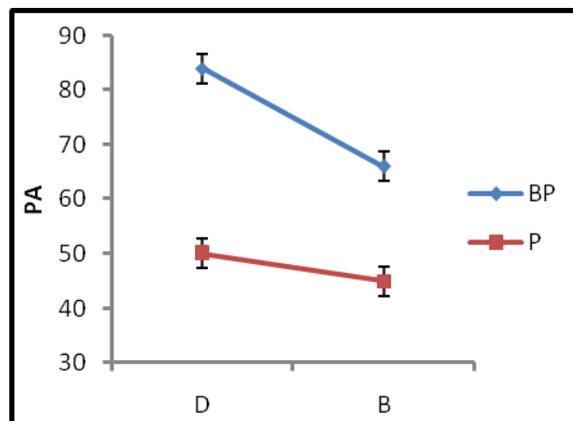
Tanto el GH, GS como el GI solo mostraron diferencias significativas con el fondo genético. Las tres variables fueron superiores en los genotipos de BP. P presentó un valor promedio de GH 26,9%, inferior a BP con 30,1. En este estudio la TX no fue significativa a diferencia de lo reportado por Doescher y Hosney (1985); Rogers *et al.* (1993) y Parey y Delcour (2008), que encontraron que el trigo blando posee menor contenido y calidad de proteínas que el trigo duro, donde las harinas de trigo blando presentaron menor nivel de desarrollo de gluten.

En la Tabla 3.2 se presentan los resultados para los principales parámetros del alveograma, los cuales aportan información sobre propiedades de formación de masa y fuerza del gluten (Faridi y Rasper, 1987; Bloksma y Bushuk, 1988). Se puede observar que todos los parámetros del alveograma fueron afectados significativamente por el FG. La TX fue significativa para los parámetros PA, L y W de los cuales sólo PA fue significativo para la interacción FG\*TX sin presentar cambio de orden. (Gráfico 3.2).

**Tabla 3.2.** Análisis de varianza de los parámetros del Alveograma. Valores de probabilidades y promedios.<sup>1,2</sup>

	ALVEOGRAMA				
	PA	L	W	P/L	Ie
FG	< 0,0001	0,0032	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
TX	< 0,0001	0,0161	< 0,0001	0,2073	0,1377
FG*TX	0,0016	0,4821	0,1383	0,0630	0,1788
CV MOD1	12,827	21,368	19,101	25,776	6,674
CV MOD2	6,282	14,6	12,01	18,357	4,044
BP	75 b	104 a	300 b	0,75 b	68,2 b
P	47 a	124 b	177 a	0,40 a	55,0 a
D	67 b	122 b	268 b	0,60 a	60,8 a
B	55 a	105 a	209 a	0,55 a	62,4 a
BP-D	84 c	109 a	338 d	0,81 c	66,7 b
BP-B	66 b	98 a	262 c	0,70 b	69,7 b
P-D	50 a	134 b	197 b	0,39 a	54,9 a
P-B	45 a	113 a	156 a	0,41 a	55,1 a

1- Test F de los ANOVA:  $P < 0,01$ : altamente significativo;  $0,01 < p < 0,05$ : significativo;  $p > 0,05$ : NS. Medias con letras iguales en los tests de comparaciones múltiples no son significativamente diferentes para cada fuente de variación,  $p = 0,05$ . 2- Tenacidad del alveograma (PA), Extensibilidad del alveograma (L), Trabajo de deformación o fuerza panadera (W) y Relación tenacidad/extensibilidad (P/L), Índice de elasticidad (Ie).



**Figura 3.2.** Promedios de PA del alveograma para FG\*TX.

En este trabajo mayores valores de PA (tenacidad de las masas) se encontraron en materiales provenientes de FG de BP. El valor de PA disminuyó con textura B en FG de BP. Por otro lado el cambio de TX sobre FG de P no produjo cambios significativos sobre la variable.

El L presentó valores más elevados en líneas provenientes de FG de P y en las líneas de TX D.

El W del alveograma presentó valores 41% más altos en promedio para los genotipos con FG de BP con respecto a P (300 vs. 177). Los genotipos TX duros presentaron mayor W que los blandos.

El P/L y el Ie solo mostraron diferencias significativas respecto al FG. Aquellos cultivares provenientes de P presentaron mayor extensibilidad, obteniendo valores más bajos de P/L (0,40) que los provenientes de BP (0,75). Los valores mayores de Ie fueron los de BP (68,2).

Según estudios realizados por Labuschagne *et al.* (1997) derivadas de textura blandas de backcross tienen mayor L y menor Ie, W y P/L. Bettge *et al.* (1989), reportaron diferencias reológicas muy diferentes en su investigación donde se consideraron cultivares de trigo duros y blandos. Ellos informaron que trigos duros presentaron valores promedio marcadamente superiores para PA y W y que si bien el L también fue superior las diferencias respecto de trigos blandos fueron algo menores.

En la Tabla 3.3 se destaca que todos los parámetros mixográficos evaluados presentaron diferencias significativas para el FG, siendo mayores para los genotipos con fondo genético de BP, indicando mayor fuerza de gluten y mejor calidad panadera debido a un mayor contenido de proteínas y de mejor calidad. El TD, ALP y AnP fueron significativos para la TX y solo presentaron aporte a la interacción el TD y AnP (Figura 3.3).

Los valores promedios reportados para el TD fueron: BP-B 10,41 min, BP-D 8,05 min y P-D y B promediaron 5,17 sin diferencias significativas entre sí, lo que concuerda con Ram *et al.* (2005) y Hosseney (1994), que encontraron que existe una correlación con la cantidad y calidad de proteínas y el TD. Los mayores TD se encontraron en FG de BP que posee subunidades de gluteninas de HMW-GS características de trigos con buena calidad panadera determinada a partir del Índice GLU1 (Martinant *et al.*, 1998; Payne *et al.*, 1987) y los mayores contenidos de proteína. Ahn *et al.* (2014) indicaron que el TD es altamente determinado por la composición de gluteninas y es poco afectada por

puroindolinas. Variantes alélicas D y B para alelo de *Pinb*-D1 presentaron aumentos o disminuciones en tolerancia al amasado y TD en derivadas de línea doble haploide de un cruzamiento de trigo duro y blando dependiendo de variantes alélicas de gluteninas. Esto concuerda con Labuschagne *et al.*, 1997 que no encontró diferencias significativas entre D y B derivados de backcross para el TD.

**Tabla 3.3.** Análisis de varianza de los parámetros del Mixograma. Valores de probabilidades y promedios.<sup>1,2</sup>

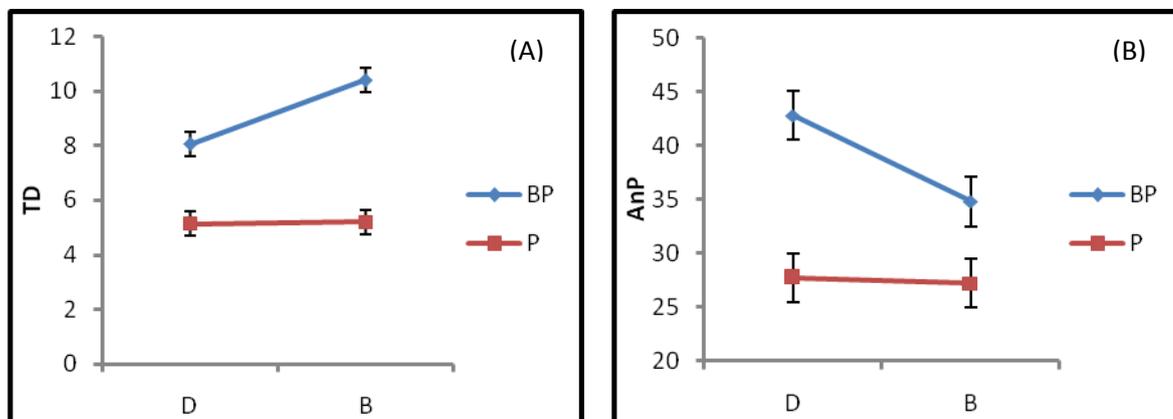
	MIXOGRAMA				
	TD	ALP	AnP	A8M	AREAP
FG	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
TX	0,0005	0,003	0,0134	0,1195	0,1270
FG*TX	0,0008	0,2277	0,0255	0,8748	0,0704
CV MOD1	18,646	7,601	19,755	31,245	17,114
CV MOD2	13,071	5,027	15,767	23,215	11,446
BP	9,23 b	48,2 b	38,8 b	42,3 b	322 b
P	5,17 a	41,1 a	27,5 a	19,6 a	171 a
D	6,60 a	46,0 b	35,2 b	32,8 a	239 a
B	7,81 b	43,3 a	31,0 a	29,1 a	255 a
BP-D	8,05 b	50,1 c	42,8 c	43,9 b	304 b
BP-B	10,41 c	46,4 b	34,8 b	40,6 b	339 c
P-D	5,14 a	41,9 a	27,7 a	21,6 a	173 a
P-B	5,20 a	40,3 a	27,2 a	17,5 a	170 a

1- Test F de los ANOVA:  $P < 0,01$ : altamente significativo;  $0,01 < p < 0,05$ : significativo;  $p > 0,05$ : NS. Medias con letras iguales en los tests de comparaciones múltiples no son significativamente diferentes para cada fuente de variación,  $p = 0,05$ . 2- Tiempo de desarrollo del mixograma (TD), Altura del pico máxima (ALP), Ancho del pico máximo (AnP), Ancho a los 8 minutos (A8M) y Área del pico máximo (AREAP).

El Ancho del pico (AnP) relacionado con la tolerancia al amasados o resistencia, ha sido asociado con la fuerza de gluten y calidad panadera (Khatkar *et al.*, 1996). Las líneas de BP-B mostraron un descenso del AnP respecto BP-D, mientras que P no se vio modificado por el cambio de TX.

Los valores de altura del pico (ALP) fueron significativos tanto para el FG como para la TX. Altos de banda nos indican consistencia de masa y están altamente relacionados con contenido de proteínas, dureza de grano y almidón dañado. Cuando la dureza aumenta, la masa tiene más consistencia, lo cual puede ser explicado por un

aumento en la viscosidad debido al almidón dañado (Martinant *et al.*, 1998). La ALP fue menor para aquellos cultivares de TX B respecto de TX D en los dos FG. Los genotipos con FG de BP fueron superiores a P.



**Figura 3.3.** Promedios de parámetros mixográficos que presentan aporte a la interacción FG\*TX. (A) TD, (B) AnP.

Tanto el A8M como el AREAP fueron superiores en las líneas provenientes de BP, lo cual nos indicaría que aquellas líneas provenientes de FG de P tolerarían menos el amasado a los 8 minutos de mezcla (A8M) y líneas provenientes de BP tienen mayor fuerza de masa referida al AREAP en coincidencia con lo observado por Martinant *et al.* (1998). Según Khatkar *et al.* (1996), la fuerza de la masa es función del TD, ALP así como de toda la forma del mixograma.

Walker y Hazelton (1996), encontraron que trigos blandos exhibían menos tolerancia al amasado porque las masas se debilitan más rápidamente luego de TD. Harinas fuertes con mayor contenido de proteínas, producen curvas con mayor tiempo de desarrollo y usualmente poseen mayor tolerancia al sobreamasado.

En la Tabla 3.4. se puede observar que para los cuatros parámetros del SRC (SRCA, SRCL, SRCC y SRCS) existen diferencias significativas para las tres fuentes de variación estudiadas (Figura 3.4). El efecto TX produjo cambios sobre FG de BP en todos los parámetros medidos donde BP-D presentó los mayores valores de SRCA y SRCC mientras que para el SRCL y SRCS los mayores valores fueron los de BP-B. Los menores valores de SRC fueron los de P-B y P-D que solo se diferenciaron entre sí en el SRCA que

fue mayor para P-D. Se destaca que con el cambio de TX blanda en BP se lograron obtener valores bajos de SRCA y SRCC similares a P-B.

Ram *et al.* (2005), sugirieron que el mayor factor determinante de absorción de agua en harinas de trigo sería el almidón dañado, lo cual podría explicar porque al “ablandar la textura” sobre un FG de BP produjo un marcado descenso de almidón dañado y por ende una disminución en la capacidad de retención de SRCA.

Las absorciones de agua de los principales constituyentes de la harina son: el gluten puede absorber 2,8 g H<sub>2</sub>O/g de gluten seco, el almidón dañado entre 1,5 y 10 g H<sub>2</sub>O/g almidón seco y pentosanos 10 g H<sub>2</sub>O/g pentosanos secos aunque estos últimos se encuentran en pequeña proporción (Levine y Slade, 2004), por lo cual la composición química de una harina va a determinar la capacidad de absorción de agua y su capacidad de uso final. Por ejemplo, trigos duros contienen más almidón dañado y mayor capacidad de absorber agua que trigos blando, siendo un atributo indeseado en la elaboración de galletitas (Bettge *et al.*, 1995; Barrera *et al.*, 2007).

EL SRCL promedio para BP-B fue de 134,69, BP-D tuvo un valor de 108,98, valores similares a P-D y P-B con quienes no tuvo diferencias significativas. Estos resultados difieren de lo esperado ya que el SRCL se asocia con características de gluteninas (Slade y Levine 1994), a pesar de ello la bibliografía es contradictoria respecto a las relaciones entre SRCL con PROT y GH como se verá más adelante en análisis de correlaciones, Tabla 3.7.

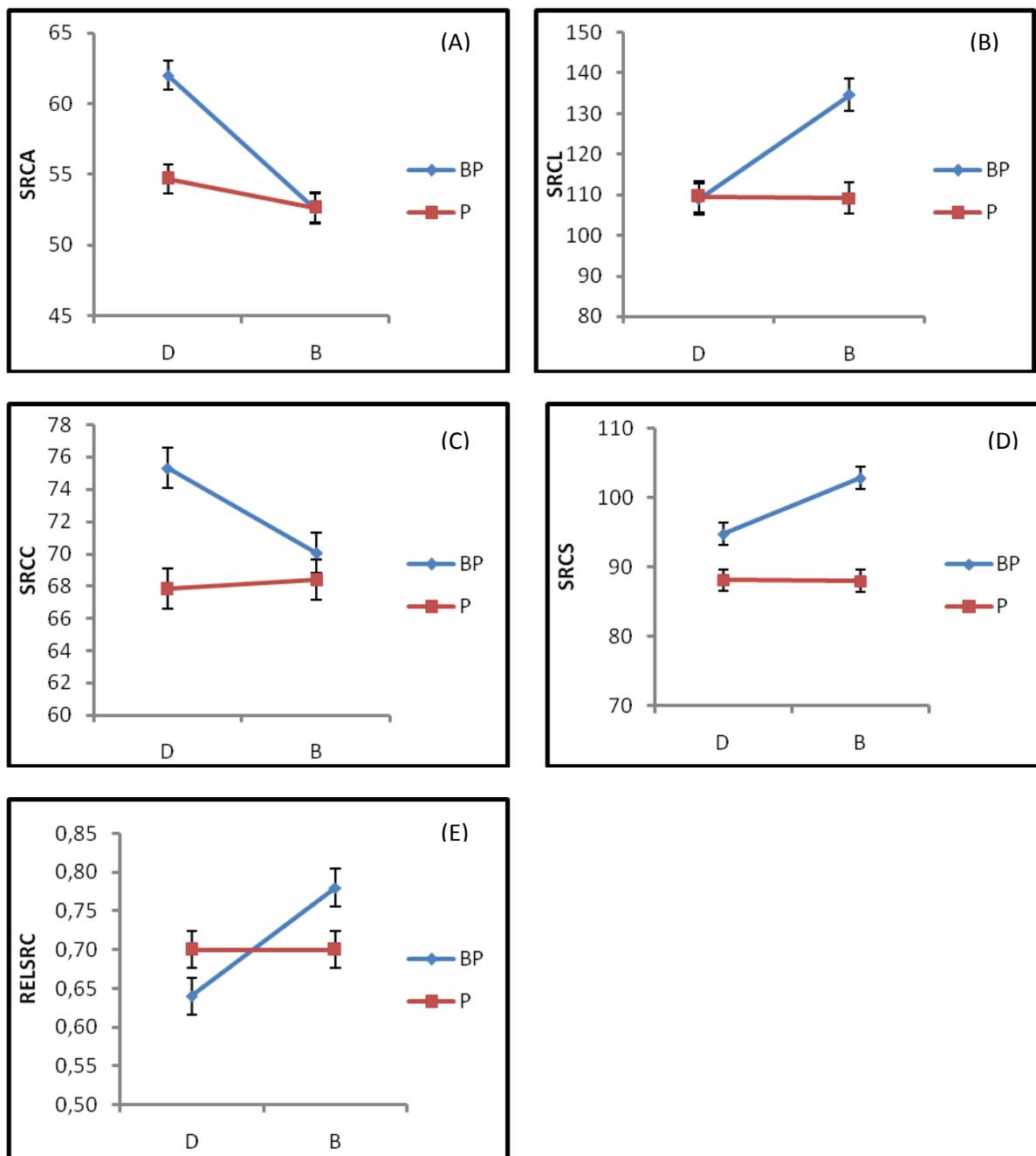
Los pentosanos son hemicelulosas solubles e insolubles que forman las paredes celulares y el material que las mantiene unidas. Presentan diversos tamaños y su composición química varía desde azúcares simples hasta los polímeros que pueden contener pentosas, hexosas, proteínas y fenoles. El espesor de las paredes celulares resulta variable entre las diferentes variedades y también entre trigos duros y blandos. Los trigos duros se seleccionan por su alta capacidad para absorber agua, por lo que se seleccionan paredes gruesas, en contraposición, la harina de trigos blando no es deseado que absorba grandes cantidades de agua ya que se utilizan para la elaboración de galletitas (Hoseney, 1991). El SRCS, relacionado con la cantidad de pentosanos, resultó superior en BP-B (102,82) respecto de BP-D (94,74) y P-D y P-B que promediaron 88,04 sin diferencias

significativas entre sí. Estos resultados podrían estar sugiriendo que el FG estaría afectando el contenido de pentosanos siendo mayor en BP que en P y que no serían las puroindolinas las principales responsables de esta regulación. Bettge y Morris 2000 concluyeron que el contenido de pentosanos afectaba mas la textura en los trigos blandos que duros y que el contenido de pentosanos pueden ser una fuente de dureza de grano que no está controlada por el *Ha locus*.

**Tabla 3.4.** Análisis de varianza de variables del método de Retención de Solvente SRC. Valores de probabilidades y promedios.<sup>1,2</sup>

	Método SRC				
	SRCA	SRCL	SRCC	SRCS	RELSRC
FG	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,5393
TX	< 0,0001	< 0,0001	0,0108	0,0011	0,0002
FG*TX	< 0,0001	< 0,0001	0,0019	0,0008	0,0001
CV MOD1	5,225	9,351	4,887	4,78	9,531
CV MOD2	2,776	5,152	3,37	3,882	5,53
BP	57,28 b	121,84 b	72,67 b	98,78 b	0,71 a
P	53,66 a	109,35 a	68,11 a	88,04 a	0,70 a
D	58,34 b	109,25 a	71,57 b	91,43 a	0,67 a
B	52,60 a	121,93 b	69,21 a	95,40 b	0,74 b
BP-D	62,00 c	108,98 a	75,30 b	94,74 b	0,64 a
BP-B	52,56 a	134,69 b	70,04 a	102,82 c	0,78 c
P-D	54,68 b	109,52 a	67,83 a	88,11 a	0,70 b
P-B	52,64 a	109,18 a	68,38 a	87,98 a	0,70 b

1-Test F de los ANOVA: P<0,01: altamente significativo; 0,01<p<0,05: significativo; p>0,05: NS. Medias con letras iguales en los tests de comparaciones múltiples no son significativamente diferentes para cada fuente de variación, p=0,05. 2- Capacidad de retención de solvente Agua (SRCA), Capacidad de retención de solvente Acido láctico (SRCL), Capacidad de retención de solvente Carbonato (SRCC), Capacidad de retención de solvente Sacarosa (SRCS) y Relación capacidad de retención de solvente (RELSRC=SRCL/(SRCC+SRCS)).



**Figura 3.4.** Promedios de parámetros del SRC que presentan aporte a la interacción FG\*TX. (A) SRCA, (B) SRCL, (C) SRCC, (D) SRCS, (E) RELSRC.

La relación capacidad de retención de solventes (RELSRC) es un índice de desempeño del gluten el cual permite evaluar su funcionalidad de acuerdo a la capacidad de absorber ácido láctico en relación a los otros componentes de la harina (almidón dañado y pentosanos) y su efecto sobre las propiedades viscoelásticas de la masa. Un valor más elevado se traduce como una alta funcionalidad del gluten. La RELSRC presentó efecto de

TX e interacción (Figura 3.4.E.). Considerando el efecto TX, las líneas B tuvieron un valor promedio superior respecto de las D. En la interacción se puede observar que mientras P no presentó cambios con el cambio de TX, BP se incrementó significativamente con TX B, similar a lo sucedido con SRCL.

Kweon *et al.* (2011) trabajaron a partir de trigos blandos, duros y sus mezclas en distintas proporciones y encontraron que todos los SRC así como RELSRC incrementaron sus valores proporcionalmente al aumentar su dureza.

Las propiedades viscosas de los almidones dependen de varios factores como del tipo de cereal (características genéticas, dureza de grano), condiciones medio-ambientales, contenido y relación de amilosa y amilopectina (Sasaki *et al.*, 2007), efecto de la molienda sobre el grano de trigo y parámetros relacionados a este como son el almidón dañado, granulometría y carga enzimática (Kurimoto, 1988). Ninguno de los parámetros medidos a partir del RVA presentó interacción entre el FG y TX en este estudio (Tabla 3.5).

**Tabla 3.5.** Análisis de varianza de variables de perfil de viscosidad determinadas por el método RVA. Valores de probabilidades y promedios.<sup>1,2</sup>

	Método RVA				
	VISCMAX	VISCFINAL	BDOWN	SETBACK	TPASTING
FG	< 0,0001	0,4812	< 0,0001	0,0002	< 0,0001
TX	0,0043	0,3697	0,0005	0,5401	0,0051
FG*TX	0,1592	0,1098	0,599	0,436	0,7567
CV MOD1	7,657	6,557	10,273	11,288	9,366
CV MOD2	3,927	4,52	6,43	8,05	3,534
BP	2568 a	2913 a	962 a	1307 b	84,9 b
P	2975 b	2878 a	1250 b	1165 a	75,5 a
D	2688 a	2873 a	1050 a	1247 a	77,4 a
B	2855 b	2918 a	1162 b	1225 a	83,0 b
BP-D	2524 a	2931 ab	898 a	1304 b	82,4 bc
BP-B	2611 a	2895 ab	1026 b	1310 b	87,4 c
P-D	2852 b	2815 a	1202 c	1191 a	72,3 a
P-B	3099 c	2941 b	1298 d	1140 a	78,6 b

1-Test F de los ANOVA: P<0,01: altamente significativo; 0,01<p<0,05: significativo; p>0,05: NS; Medias con letras iguales en los tests de comparaciones múltiples no son significativamente diferentes para cada fuente de variación, p=0,05. 2- Viscosidad máxima (VISCMAX), Viscosidad final (VISCFINAL), Break Down (BDOWN), Set Back (SETBACK) y Temperatura de pasting (TPASTING).

Los parámetros de VISCMAX, BDOWN y TPASTING presentaron efecto de FG y TX. La VISCMAX es el pico máximo de viscosidad alcanzado por una sustancia cuando se calienta en presencia de agua y cuando es harina se puede decir que es un indicador de la capacidad del almidón de ligar agua (Singh *et al.*, 2010). Considerando la TX, se observaron mayores valores de VISCMAX para B respecto de D, coincidiendo con Zeng *et al.*, (1997) y Kiszonas *et al.*, (2015) que afirman que mayores picos de viscosidad se asocian con niveles más altos de amilosa y textura de grano más blanda y menor almidón dañado. En cuanto al FG, P superó a BP, esto podría deberse a que el responsable de aumento de viscosidad de una mezcla de agua y harina durante el calentamiento es el almidón, por lo que un menor contenido porcentual de proteínas puede indicar una mayor proporción de almidón que podría explicar la mayor viscosidad observada para P.

El BDOWN es una medida de la resistencia de los gránulos de almidón de una muestra a la temperatura y fuerza de cizalla (Singh *et al.*, 2010). Valores bajos de BDOWN indican estabilidad de pasta. En este estudio el FG de BP presentó valores menores que P y la TX B se posicionó sobre la D. Componentes de harina capaces de absorber agua aumentan el grado de estabilidad de un gel de almidón sometido a calentamiento y agitación. Estos componentes van a competir por el agua con el almidón, reduciendo el grado de hinchamiento (VISCMAX) y como consecuencia su tendencia a romperse (Moiraghi, 2013). La TPASTING es la temperatura a la cual los gránulos de almidón comienzan a hincharse y se rompen uniones puente H, con la eventual pérdida irreversible de la estructura cristalina y provee información sobre la mínima temperatura requerida para cocinar el almidón de una determinada muestra. Considerando el FG, BP (84,9 °C), superó a P (75,5 °C) y las líneas de TX blanda con 83 °C superaron a las duras con 77,4 °C. En trigos duros, con mayor porcentaje de almidón dañado, el agua ingresa a los gránulos con menor dificultad, es de esperar que tengan temperaturas de gelatinización más bajas que los blandos que requieren mayor temperatura (Caballero Barrigón y Rodríguez, 2009).

El SETBACK, que se relaciona con el grado de retrogradación de la amilosa, presentó solo diferencias significativas para FG, siendo superior BP (1.307 RVU) respecto de P (1.165 RVU). Ragaee y Abdel-Aal (2006), obtuvieron valores mayores de SETBACK en trigo blando que en duro pero cuando este parámetro se calculó como

porcentaje de la viscosidad final, los trigos blandos presentaron menos valor que los duros, en coincidencia con lo observado.

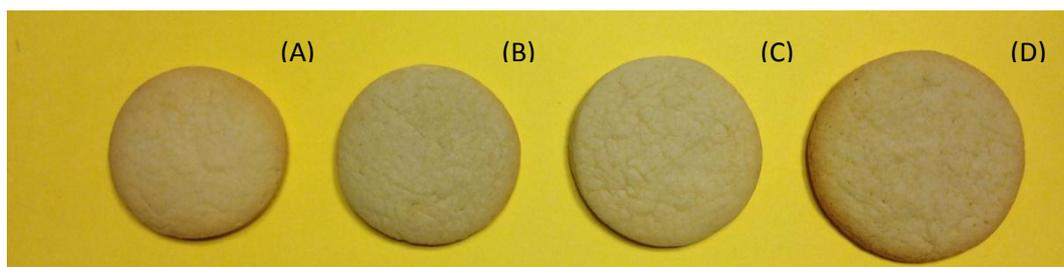
La VISCFINAL que es la viscosidad alcanzada luego del enfriamiento, representa la capacidad del material para formar una pasta o gel viscoso después del calentamiento y enfriamiento, no presentó diferencias significativas para ninguna de las tres fuentes de variación evaluadas.

Industrialmente para cada familia de Galletitas, ej: Crackers, Semidulces, Dulces, etc, se requiere de una harina específica en cuanto a sus cualidades de gluten y reología para que el producto cuente con la característica propia de cada variedad. Cada galleta se elabora con dimensiones de forma (redonda, cuadrada, ovalada, etc) y espesor el cual se debe definir como un estándar, todas las producciones sucesivas deberán encuadrarse dentro de la especificación elaborada para cada producto, es decir dentro de ciertos límites. Las dimensiones serán las definidas para el producto, dependerá del tipo de envase. También es importante que se vehiculice en los distintos canales de alimentación hasta la propia envasadora y no traiga problemas. (Com. Pers. Raúl Flores, Jefe Investigación Bagley Argentina 2016).

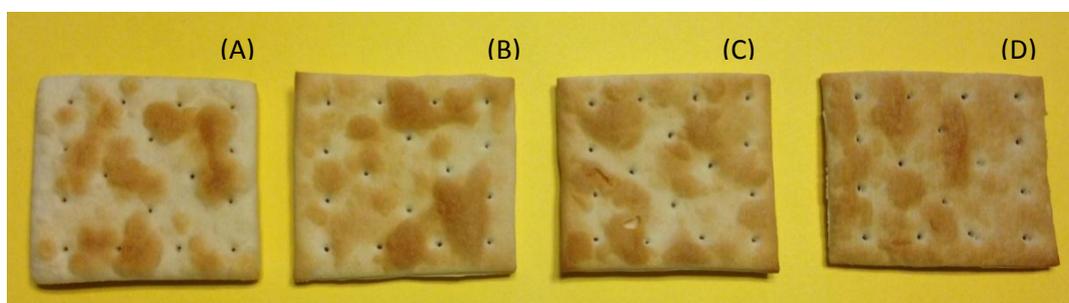
El mejor modo de saber si una harina producirá galletitas de buena calidad es elaborar los productos y luego evaluar los principales parámetros relacionados a la calidad. En la Tabla 3.6. se muestran los ANOVA de los principales parámetros de evaluación de galletitas dulces y crackers. En las Figuras 3.5 y 3.6 se muestran las imágenes de las galletitas elaboradas a partir de harinas representativas de la variabilidad encontrada en base a la aptitud galletitera de los trigos evaluados.

En ensayos de laboratorio la aptitud de una harina para elaborar galletitas dulces se puede resumir en dos grandes términos. Por un lado el tamaño de la galleta, dado por el diámetro (DG) y el Factor galleta (CF) que relaciona el diámetro con el espesor de cuatro galletas, siendo deseables galletitas de buen diámetro y bajo espesor. En segundo lugar su textura y consistencia a la mordida, en este punto lo deseado es que estas sean tiernas y crocantes, con una textura abierta. (Barrera *et al.*, 2012; Lezcano, 2015; Hosney, 1991).

Durante el horneado se produce la evaporación del agua de la superficie de la galleta, lo que produce la cristalización de la sacarosa en la superficie, esto hace que la galletita deje de estar húmeda en la superficie y al expandirse se produzcan rupturas en la superficie en forma de grietas. A mayor pérdida de agua, mayor expansión de la galleta, mayor craquelado de galleta y mejor calidad de producto (Hoseney, 1991).



**Figura 3.5.** Imágenes de galletitas dulces elaboradas a partir de harinas representativas de la variabilidad encontrada: (A) Buck Poncho- Duro, (B) Buck Poncho-Blando, (C) Penawawa Duro, (D) Penawawa Blando.



**Figura 3.6.** Imágenes de galletitas crackers elaboradas a partir de harinas representativas de la variabilidad encontrada: (A) Buck Poncho- Duro, (B) Buck Poncho-Blando, (C) Penawawa Duro, (D) Penawawa Blando.

En este trabajo tanto el DG como el CF, ambos parámetros, presentaron efecto de FG y TX sin presentar interacción. En los dos FG con TX B se vio incrementado el DG respecto de TX D coincidiendo Labuschagne *et al.* (1997) quienes obtuvieron galletitas de mayor diámetro a partir de líneas B respecto de D en líneas backcross, confirmando como

se ha indicado que los trigo blandos son los indicados para la elaboración de galletitas dulces debido a todas las cualidades descriptas. Considerando el FG de BP, este tuvo valores más bajos en promedio que P. BPB y PD no presentaron diferencias significativas de diámetros. Las mejores galletitas se obtuvieron a partir de PB.

Por otro lado las galletas crackers se caracterizan por sus superficies escamosas y vesiculadas. Son de sabor suave por lo cual pueden consumirse en cualquier momento del día inclusive como acompañamiento de las comidas (Lezcano, 2015).

El A10/P10 es el parámetro más utilizado para evaluar calidad de galletitas crackers, mayores valores son deseados para una mejor calidad. Es muy importante para la industria contar con características constantes en el tiempo motivo por el cual las industrias tienen especificaciones de proceso como: peso crudo de 10 crackers, peso cocido, espesor, ancho, largo, diferencia ancho-largo ancho así como características organolépticas. El empaquetado es muy importante para su conservación sobre todo en este tipo de productos ya que son frágiles. Cualquier pequeño cambio en sus dimensiones como una expansión o compresión puede hacer que no entre en el envase o que sobre espacio ocasionando su ruptura. La calidad de una galletita cracker a nivel sensorial se mide por el nivel de crocancia, su ausencia de migas al cortarla y su integridad durante su vida útil. Se requiere que no se humedezca por incorporación de humedad externa por empaque no apto o cierres mal sellados. El rotulado también está impreso con anterioridad a su fabricación y variaciones en el peso provocarían defectos de calidad al no cumplir con su especificación.

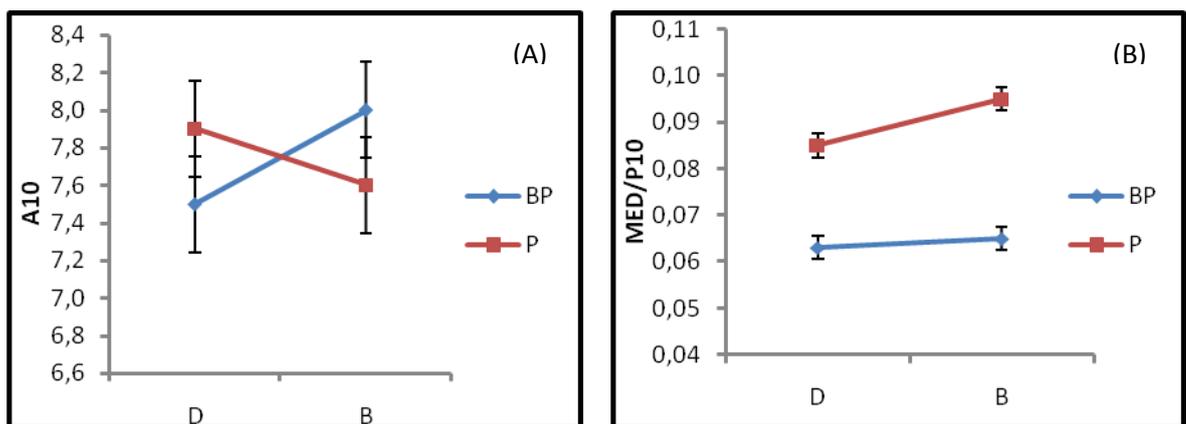
Las galletitas dulces también deben tener en cuenta estos aspectos aunque tienen la ventaja de que muchas veces se comercializan en bolsas que se llenan hasta el peso establecido.

Para las galletitas crackers MED/P10 presentó efecto de FG, TX e interacción (Figura 3.7.B), A10 presentó interacción pero sin efecto de los factores simples (Figura 3.7.A). P10, ANC, A10/P10 presentaron efecto de FG y TX, LC de cracker solo presentó efecto de FG y MED/A10 no presentó efecto para ninguna de las fuentes consideradas en este estudio.

**Tabla 3.6.** Análisis de varianza de los principales parámetros de evaluación de calidad de galletitas dulces y crackers. Valores de probabilidades y promedios.<sup>1,2</sup>

	GALLETITAS DULCES		GALLETITAS CRACKERS						
	DG	CF	P 10	A 10	LC	ANC	A10/P10	MED/P10	MED/A10
FG	< 0,0001	0,0003	< 0,0001	0,9941	0,0041	0,0145	< 0,0001	< 0,0001	0,3482
TX	<0,0001	0,0019	0,0009	0,6572	0,1100	0,0977	0,0018	0,0017	0,9423
FG*TX	0,9699	0,4397	0,1578	0,0258	0,1476	0,1429	0,7915	0,0457	0,0792
CV MOD1	3,672	11,082	7,184	8,918	3,012	2,09	9,427	8,567	9,461
CV MOD2	1,908	6,15	6,187	7,908	3,072	2,048	8,122	6,944	8,325
BP	5,55 a	5,35 a	94,4 b	7,7 a	5,8 b	6,1 b	0,083 a	0,064 a	0,761 a
P	5,87 b	5,99 b	65,1 a	7,7a	5,6 a	6,0 a	0,119 b	0,090 b	0,779 a
D	5,54 a	5,40 a	82,3 b	7,7a	5,7 a	6,1 a	0,097 a	0,074 a	0,771 a
B	5,88 b	5,94 b	77,2 a	7,8 a	5,7 a	6,1 a	0,105 b	0,080 b	0,769 a
BP-D	5,38 a	5,14 a	95,9 c	7,5 a	5,7 ab	6,1 a	0,078 a	0,063 a	0,795 a
BP-B	5,72 b	5,55 ab	92,9 c	8,0 b	5,9 b	6,2 b	0,088 b	0,065 a	0,763 a
P-D	5,70 b	5,65 b	68,7 b	7,9 ab	5,6 a	6,0 a	0,115 c	0,085 b	0,743 a
P-B	6,03 c	6,32 c	61,5 a	7,6 ab	5,6 a	6,0 a	0,123 d	0,095 c	0,779 a

1-Test F de los ANOVA:  $P < 0,01$ : altamente significativo;  $0,01 < p < 0,05$ : significativo;  $p > 0,05$ : NS. Medias con letras iguales en los tests de comparaciones múltiples no son significativamente diferentes para cada fuente de variación,  $p = 0,05$ . 2- Diámetro galleta (DG), Factor galleta o *cookie factor* (CF), Peso 10 crackers (P10), alto 10 crackers (A10), largo crackers (LC), ancho cracker (ANC), relación alto de 10 crackers/peso de 10 crackers (A10/P10), relación entre promedio de LC y ANC con peso de 10 cracker (MED/P10), relación entre promedio de LC y ANC con alto de 10 cracker (MED/A10).



**Figura 3.7.** Promedios de parámetros de calidad de galletitas crackers que presentan interacción FG\*TX. (A) A10, (B) MED/P10.

Los mayores valores de P10 se observaron para líneas de BP y TX D. Pizzinatto y Hoseneý (1980), confirmaron que crackers realizadas a partir de trigo blando fueron más livianas que aquellas con trigo duro. Crackers elaboradas a partir de harinas de gluten muy fuerte realizadas con trigo duro, tienen mayor peso de masa de cracker y menor pérdida de peso luego del horneado que en el caso de aquellas elaboradas a partir de trigos blandos. La incorporación de trigo duro a las mezclas favorece el desarrollo del gluten que es un aspecto deseado pero por otro lado, incrementa los niveles de almidón dañado y pentosanos que lleva a incremento de la absorción de agua lo cual es indeseado (Slade y Levine 1994).

Tanto el LC como el ANC fueron superiores para BP en oposición a lo encontrado por Slade y Levine (1994), que sugieren que crackers realizadas a partir de harinas de gluten muy fuerte no permiten la expansión de estas masas muy elásticas durante la cocción.

La combinación que presentó el mayor valor para MED/P10 fue P-B con 0,095 cm/g, superior a P-D (0,085cm/g) y ellos a su vez a BP-D y BP-B, sin diferencias significativas, con un promedio de 0,064 cm/g.

El A10/P10 es el parámetro más utilizado para evaluar calidad de galletitas crackers (Doescher y Hoseneý, 1985; Rogers y Hoseneý, 1989; Pizzinatto y Hoseneý, 1980), para el cual mayores valores son indicativos de buena calidad (Pérez *et al.*, 2003). P promedió 0,119 cm/g *versus* BP con 0,083 cm/g. En cuanto a la TX, las líneas blandas obtuvieron un valor de 0,105 cm/g, superior a las duras con 0,097 cm/g.

El P10 presentó las mayores diferencias tanto en FG como TX, por lo cual sus variables asociadas MED/P10 y A10/P10 se comportaron según lo esperado, por ser una función matemática que tiene a P10 en el denominador.

MED/A10 fue el parámetro que mejor indicó la calidad para crackers para Perez *et al.* (2003), utilizando harinas de triticale. En este estudio, no presento diferencias significativas para ninguna de las tres fuentes de variación.

A10 no presentó efecto de ninguno de los dos factores en estudio. Se detecta leve interacción que puede deberse a cuestiones arbitrarias que no son claramente interpretables.

Tradicionalmente el comportamiento de trigos blandos para galletitas dulces fue muy bien establecido, contando con pruebas de laboratorio bajo normativas internacionales de fácil realización. En contraste, métodos de laboratorio para evaluar galletitas crackers no han sido ampliamente explorados o implementados debido a los obstáculos que incluyen la dificultad de contar con diagnóstico de calidad de harinas y la ausencia de equipamiento adecuado como por ejemplo amasadoras de gran potencia, laminadoras, hornos multizona, etc., (Kweon *et al.*, 2011). Así mismo, existen antecedentes de método esponja que requieren muchas horas de elaboración para desarrollar la fermentación (Pérez *et al.*, 2003; Rogers y Hosney 1989; Pizzinatto y Hosney 1980). Kweon *et al.*, 2011a, validaron un método de leudado químico.

Es importante recalcar que modificaciones de formulación y procesamiento pueden generar variaciones en los parámetros de calidad y que la elaboración de galletitas crackers fueron realizadas a partir de un método directo con adaptaciones en función de los recursos disponibles en el laboratorio.

## **ANÁLISIS DE CORRELACIÓN**

Se calcularon las correlaciones de Pearson entre las variables consideradas más relevantes con su correspondiente test de significación para la hipótesis de  $\rho=0$ . En la Tabla 3.7, se presenta la matriz de correlación entre los parámetros físico-químicos y reológicos considerados más relevantes. En las Tablas 3.8, 3.9 y 3.10 se presentan los coeficientes de correlación entre parámetros de alveograma, mixograma y SRC con aquellas que definen calidad de galletitas dulces y crackers respectivamente. Se presenta en cada intersección el valor del coeficiente de correlación ( $r$ ) entre dos variables diferentes y su significación.

En la Tabla 3.7 se observan las correlaciones altas y muy significativas entre la variable PROT con SRCL, SRCS, TD, DZA, GH y W, lo cual nos estaría indicando su influencia en la definición de la calidad. En los resultados del análisis de varianza de estos

parámetros para cada una de las tres fuentes de variación consideradas en este estudio, se pudo observar que BP-B presentó mayores valores de: PROT, TD, SRCL, SRCS que BP-D a diferencia de lo esperado, lo cual concuerda con estudio preliminar realizado sobre el mismo material en campaña anterior (Mir *et al.*, 2012) y podría deberse precisamente al mayor el contenido de PROT en BP-B.

**Tabla 3.7.** Correlación entre principales parámetros físico - químicos y reológicos.

	SRCA	SRCL	SRCC	SRCS	TD	PROT	DZA	GH	W
SRCA	1								
SRCL	-0,45**	1							
SRCC	0,41**	ns	1						
SRCS	ns	0,58**	0,25*	1					
TD	ns	0,55**	ns	0,71**	1				
PROT	ns	0,58**	0,30*	0,74**	0,65**	1			
DZA	0,66**	ns	0,54**	0,57**	0,67**	0,62**	1		
GH	0,34*	ns	ns	0,39**	ns	0,77**	0,43**	1	
W	0,69**	ns	0,54**	0,40**	0,44**	0,66**	0,76**	0,60**	1

\*\* :  $p < 0,01$  altamente significativo; \* :  $0,01 < p < 0,05$  significativo; ns:  $p > 0,05$  no significativo. Capacidad de retención de solvente Agua (SRCA), Capacidad de retención de solvente Acido láctico (SRCL), Capacidad de retención de solvente Carbonato (SRCC), Capacidad de retención de solvente Sacarosa (SRCS), Tiempo de desarrollo del mixograma (TD), Proteína en grano (PROT), Dureza (DZA), Gluten Húmedo (GH), Trabajo de deformación o fuerza panadera (W).

Es muy importante observar las variables funcionales ya que son especificaciones vitales para una adecuada producción, más que aquellas de composición como pueden ser el contenido de PROT (Kweon *et al.*, 2011).

La correlación PROT-GH encontrada coincide con Cuniberti y Mir (2012); Steffolani *et al.* (2007); Moiraghi *et al.* (2005); Colombo *et al.* (2008), quienes confirman que existe una relación alta y positiva entre estas dos variables. Sin embargo no se puede predecir con exactitud una variable a partir de la otra porque el intervalo de confianza es muy grande para lo que se estima aceptable (Cuniberti y Mir, 2012).

SRCL presentó una correlación positiva con PROT no así con GH donde no se observó correlación. Esto coincide en parte con Guttieri *et al.* (2002); Kiszona *et al.* (2015); Colombo *et al.* (2008) y Xiao *et al.* (2006) ya que ellos encontraron correlación entre SRCL con los dos parámetros. Por otro lado Guttieri *et al.* (2001) y de la Horra *et al.* (2012) no observaron relación entre SRCL y PROT. Otros autores no encontraron relación

entre PROT y ninguno de los SRC (Gaines, 2000; Guttieri *et al.*, 2001; Ram y Singh, 2004).

La correlación positiva entre el SRCC y SRCL, que en este trabajo fue no significativa, fue reportada por de la Horra *et al.*, 2012 como positiva. En estudios considerando trigos blandos, Guttieri *et al.*, 2002; Guttieri y Souza, 2003, obtuvieron estas correlaciones donde se sugirió que la asociación alcanzada podría ser debida a características propias de las líneas en estudio, más que a una propiedad universal de los trigo o del método SRC.

SRCL se correlacionó de manera negativa con SRCA en este trabajo a diferencia de otros autores que encontraron correlaciones positivas. Cabe señalar que las correlaciones que se encuentran en este trabajo pueden no coincidir con las derivadas de otros estudios, debido a que no se trata de una selección aleatoria de materiales como puede ser un estudio de variedades sino que, de acuerdo con los objetivos, se trabaja sobre una combinación específica de TX y FG. Este comentario es válido para todas las relaciones encontradas.

El TD se correlacionó con el SRCL, SRCS, PROT, DZA y W. Ram *et al.* (2005), también reportaron una relación positiva entre el SRCL y el TD. Gaines (1990), no encontró correlación entre el PROT y TD en su estudio sobre harinas provenientes de trigos blandos.

El SRCS se correlacionó de manera alta y positiva con el SRCL, DZA, PROT, GH, TD y W, todos estos parámetros están estrechamente relacionados con cantidad y funcionalidad de las proteínas. La DZA se correlaciona de manera positiva con SRCS coincidiendo con Turnbull y Rahman (2002) y Pasha *et al.* (2009), quienes sugirieron que la DZA se relaciona con el contenido total de pentosanos. La asociación entre el SRCS con W también fue conceptualizando por Kweon *et al.* (2014). Colombo *et al.* (2008) coincidieron en la presencia de correlación entre SRCS y SRCL. Moiraghi (2013); Colombo *et al.* (2008) y Pasha *et al.* (2009) no encontraron relación significativa entre el SRCS con PROT. Se observa que el SRCS, parámetro de fácil medición, podría ser de mucha utilidad por lo cual se considera interesante profundizar su relación con los distintos parámetros de calidad.

SRCC presentó correlación positiva con SRCA ( $r=0,41$ ), al igual que lo encontrado por Ram *et al.* (2005) ( $r=0.86$ ).

Kweon *et al.* (2011), sugiere que los resultados obtenidos a partir del SRC no deben ser comparados con los obtenidos a partir de análisis reológicos, ya que en estos últimos se trabaja con sistemas agua-harina concentrados a diferencia de las soluciones en exceso que usa el método SRC. A pesar de ello, diversos autores como Duyvejonck *et al.* (2012), reportaron una correlación entre SRCL y W ( $r=0,70$ ). En este trabajo también se observan correlaciones de W con SRCA, SRCC y SRCS aunque se destacan los valores de SRCA de  $r= 0,69$ .

Observando la Tabla 3.8 se puede destacar que las variables PA y W del alveograma correlacionaron con las variables de calidad tanto de galletitas dulces (DG y CF) como de crackers (P10 y las variables calculadas a partir de ella: A10/P10 y MED/P10). Valores altos de los parámetros alveográficos, PA, W, P/L e Ie inciden de manera negativa sobre la calidad tanto de galletitas dulces como crackers.

Las especificaciones de harina de parte de la industria galletitera en nuestro país se definen principalmente a partir del W y P/L del alveograma.

Como se pudo observar en el ANOVA A10/P10 fue la variable de calidad que mejor expresó las diferencias de los factores estudiados para galletitas crackers.

En general DG correlaciona mejor que CF con las variables del alveograma.

**Tabla 3.8.** Correlación entre parámetros del alveograma y parámetros que definen calidad de galletitas dulces y crackers.<sup>1,2</sup>

Alveograma	DG	CF	P10	LC	ANC	A10	MED/A10	A10/P10	MED/P10
W	-0,76**	-0,67**	0,81**	ns	ns	ns	ns	-0,74**	-0,79**
P/L	-0,36**	ns	0,76**	0,33*	0,31*	ns	0,29*	-0,77**	-0,70**
PA	-0,72**	-0,61**	0,85**	ns	0,26*	ns	ns	-0,83**	-0,80**
L	-0,27*	-0,35**	-0,30*	-0,35**	-0,25*	ns	-0,30*	0,31*	ns
Ie	-0,28*	ns	0,86**	0,39**	0,43**	ns	ns	-0,74**	-0,83**

1-\*\* :  $p < 0,01$  altamente significativo; \* :  $0,01 < p < 0,05$  significativo; ns:  $p > 0,05$  no significativo. . 2- Diámetro galleta (DG), Factor galleta o *cookie factor* (CF), Peso 10 crackers (P10), alto 10 crackers (A10), largo crackers (LC), ancho cracker (ANC), relación alto de 10 crackers/peso de 10 crackers (A10/P10), relación entre promedio de LC y ANC con peso de 10 cracker (MED/P10), relación entre promedio de LC y ANC con alto de 10 cracker (MED/A10), Trabajo de deformación o fuerza panadera (W), Relación tenacidad/extensibilidad (P/L), Tenacidad del alveograma (PA), Extensibilidad del alveograma (L) y Índice de elasticidad (Ie).

L no presenta relaciones muy destacables con los parámetros que definen calidad galletitera, incluso se observan relaciones inversas a las esperadas según bibliografía que sugieren una relación positiva entre el DG y L (Zhang *et al.*, 2007; Geng *et al.*, 2012).

Cuanto menor es la resistencia de la masa a la expansión, lo cual es un atributo deseado para masas para galletitas, mas rápido comienza a formarse la burbuja que grafica el alveograma y menor será el valor de PA. Podríamos decir que a menor valor de PA mejor calidad de harina para galletitas dulces y crackers. A pesar de ello, Kweon *et al.*, 2011, reportaron que si el valor de PA es demasiado bajo las masas pueden tener una expansión excesiva, mientras que valores altos de PA no permiten una expansión suficiente de la galleta durante el horneado. Valores de PA demasiado altos tienden a dar bajos L, lo que provocaría una ruptura muy rápida de la burbuja en parte debido a que la masa no es suficientemente extensible (Kweon *et al.*, 2011). Para crackers un W muy bajo indica que la harina es demasiado débil, con insuficiente fuerza de gluten para mantener de manera suficiente el *spring* y espesor, provocando un colapso durante el horneado dando crackers planas. El *spring* se produce durante los primeros momentos en el horno, la masa agranda su tamaño rápidamente. Varios son los factores responsables de este fenómeno. Los gases se calientan y aumentan el volumen; el dióxido de carbono es menos soluble al elevarse la temperatura, la levadura se activa al elevarse la temperatura y se vaporizan otras materias (Hoseney, 1991). Si el W es muy grande, con excesiva fuerza de gluten, la harina es muy fuerte y elástica por lo cual resiste al *spring* durante el horneado según Slade y Levine (1994). Estos autores sugieren una harina *gold standard* con PA=35, W=90 y L=100 para la elaboración de galletitas dulces y crackers.

El Ie es un parámetro alveográfico muy utilizado en Brasil (Com. Pers. Dra. Martha Cuniberti, 2014). En este trabajo se pudo observar una baja correlación entre Ie y DG y para el caso de las galletitas crackers la correlación con A10/P10 tuvo un valor de r considerable ( $r = -0,74$ ).

Bettge *et al.* (1989), trabajaron con 73 cultivares que incluyeron trigos duros y blandos y en el estudio encontraron también que W, PA, L del alveograma se correlacionaron negativamente con el DG. W fue el que mejor se correlacionó con un  $r = -0,511$ . Por otro lado Duyvejonck *et al.* (2012), reportó que solo el PA del alveograma se

correlacionó con DG y lo hizo de modo inverso. Geng *et al.* (2012), trabajó con trigo blando y encontró que PA, W, P/L se asociaron negativamente con DG mientras que L lo hizo de manera positiva.

En la Tabla 3.9 se puede observar que todos los parámetros medidos a partir del mixograma que se correlacionan de manera alta y positiva con el P10, y en consecuencia negativamente con A10/P10 y MED/P10, lo cual está asociado a una mala performance de galletitas crackers. Tanto LC, ANC como A10 presentaron correlaciones menos importantes que los otros parámetros y en muchos casos fueron no significativas.

El ALP es el parámetro que mejor se correlacionó con las variables de calidad de galletita dulces con valores altos y negativos. AnP y A8M también se correlacionaron del mismo modo aunque con una correlación menor. El TD no presentó correlación con parámetros de calidad de galletitas dulces coincidiendo con Duyvejonck *et al.* (2011), y AreaP mostró correlación con DG aunque con bajo valor de  $r$  ( $r = -0,35$ ), no así con CF donde la correlación fue ns. El resto de los parámetros se correlacionó de manera inversa con variables de calidad de galletitas dulces.

**Tabla 3.9.** Correlación entre parámetros del mixograma y variables que definen calidad de galletitas dulces y crackers.<sup>1,2</sup>

Mixograma	DG	CF	P10	LC	ANC	A10	MED/A10	A10/P10	MED/P10
TD	ns	ns	0,76**	0,43**	0,38**	ns	ns	-0,69**	-0,72**
ALP	-0,71**	-0,73**	0,74**	ns	ns	ns	ns	-0,72**	-0,71**
AnP	-0,56**	-0,53**	0,66**	ns	ns	ns	ns	-0,69**	-0,63**
A8M	-0,43**	-0,38**	0,81**	ns	0,33*	ns	ns	-0,73**	-0,80**
AreaP	-0,32*	ns	0,85**	0,40**	0,36**	ns	ns	-0,77**	-0,80**

1-\*\* :  $p < 0,01$  altamente significativo; \* :  $0,01 < p < 0,05$  significativo; ns:  $p > 0,05$  no significativo. 2- Diámetro galleta (DG), Factor galleta o *cookie factor* (CF), Peso 10 crackers (P10), alto 10 crackers (A10), largo crackers (LC), ancho cracker (ANC), relación alto de 10 crackers/peso de 10 crackers (A10/P10), relación entre promedio de LC y ANC con peso de 10 cracker (MED/P10), relación entre promedio de LC y ANC con alto de 10 cracker (MED/A10), Tiempo de desarrollo del mixograma (TD), Altura del pico máxima (ALP), Ancho del pico máximo (AnP), Ancho a los 8 minutos (A8M) y Área del pico máximo (AREAP).

AREAP engloba todos los parámetros medidos en el mixograma en los 8 primeros minutos de amasado y se correlaciona positivamente con todos los parámetros de acuerdo con su origen. El área se refiere a la fuerza de esa masa (Martinant *et al.*, 1998).

Gaines (1990), encontró una correlación negativa entre el DG y ALP aunque con coeficiente de correlación menor que el encontrado en este estudio ( $r = -0,29$ ) y en coincidencia no encontró correlación entre DG y TD.

En la Tabla 3.10 se puede observar que los 4 SRC se correlacionaron positivamente con el peso de las crackers (P10) y por ende negativamente con sus parámetros asociados A10/P10 y MED/P10. El SRCS fue el parámetro más explicativo.

Para el caso de galletitas dulces, el SRCA fue el parámetro que mejor se correlacionó con DG y CF, en segundo lugar el SRCC se correlacionó de modo negativo con DG confirmando la importancia del almidón dañado en la calidad de galletitas medidas por el DG.

Altos niveles de almidón dañado incrementa la viscosidad de las masas y en consecuencia disminuyen el diámetro de las *cookies* o galletitas dulces (Miller y Hosene, 1997).

Gaines (2004), encontró una relación negativa del SRCS y el DG a diferencia de lo observado en este estudio donde dicha correlación no fue significativa. Kiszona *et al.* (2013), encontraron que el SRCC, SRCL y SRCA tienen asociación inversa con DG y no encontraron relación entre SRCS y DG. Ram y Singh (2004) y Moiraghi *et al.* (2011), encontraron una correlación fuerte y negativa entre los 4 SRC y el DG. Asociación negativa entre el CF y SRCC, SRCS y SRCA, confirmaron el efecto de los componentes hidrofílicos de las harinas para la calidad galletitera (Colombo *et al.*, 2008; Barrera *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2007).

Kweon *et al.* (2014), concluyeron que RELSRC fue mejor predictor de la geometría de galletitas crackers que el valor de funcionalidad de gluten dado solo por el SRCL. Según Duyvejonck *et al.* (2011), el SRCL es también influenciado por otros polímeros de la harina como pentosanos y almidón dañado. Sin embargo en este estudio se obtuvieron correlaciones relativamente bajas con A10 y MED/A10.

A partir de esta información y coincidiendo con Duyvejonck *et al.* (2012), no es siempre necesario determinar todo el perfil de SRC para evaluar suficientemente la calidad de harina para un producto específico.

Kweon *et al.* (2011), detallaron especificaciones de harinas *gold* para galletitas dulces y crackers con valores de  $SRCA \leq 51\%$ ,  $SRCL \geq 87\%$ ,  $SRCC \leq 64\%$ ,  $SRCS \leq 89$ .

**Tabla 3.10:** Correlación entre parámetros de SRC y parámetros que definen calidad de galletitas dulces y cracker.<sup>1,2</sup>

SRC	DG	CF	P10	LC	ANC	A10	MED/A10	A10/P10	MED/P10
SRCA	-0,82**	-0,67**	0,44**	ns	ns	ns	ns	-0,54**	-0,43**
SRCL	ns	ns	0,42**	0,41**	0,28*	0,32*	ns	ns	-0,44**
SRCC	-0,42**	ns	0,49**	ns	ns	ns	ns	-0,36**	-0,44**
SRCS	ns	ns	0,66**	0,46**	0,40**	ns	ns	-0,57**	-0,60**
RELSRC	0,41**	0,38**	ns	ns	ns	0,30*	-0,26*	ns	ns

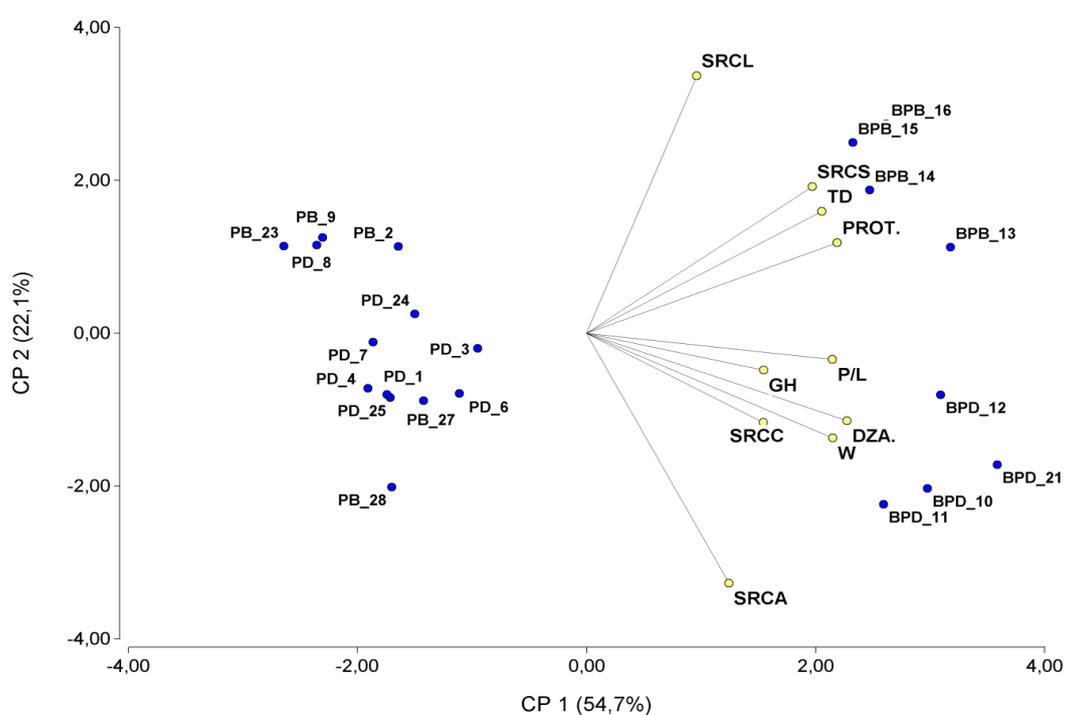
1-\*\* :  $p < 0,01$  altamente significativo; \* :  $0,01 < p < 0,05$  significativo; ns:  $p > 0,05$  no significativo. 2- Diámetro galleta (DG), Factor galleta o *cookie factor* (CF), Peso 10 crackers (P10), alto 10 crackers (A10), largo crackers (LC), ancho cracker (ANC), relación alto de 10 crackers/ peso de 10 crackers (A10/P10), relación entre promedio de LC y ANC con peso de 10 cracker (MED/P10), relación entre promedio de LC y ANC con alto de 10 cracker (MED/A10), Capacidad de retención de solvente Agua (SRCA), Capacidad de retención de solvente Acido láctico (SRCL), Capacidad de retención de solvente Carbonato (SRCC), Capacidad de retención de solvente Sacarosa (SRCS) y Relación capacidad de retención de solvente ( $RELSRC = SRCL / (SRCC + SRCS)$ ).

## ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

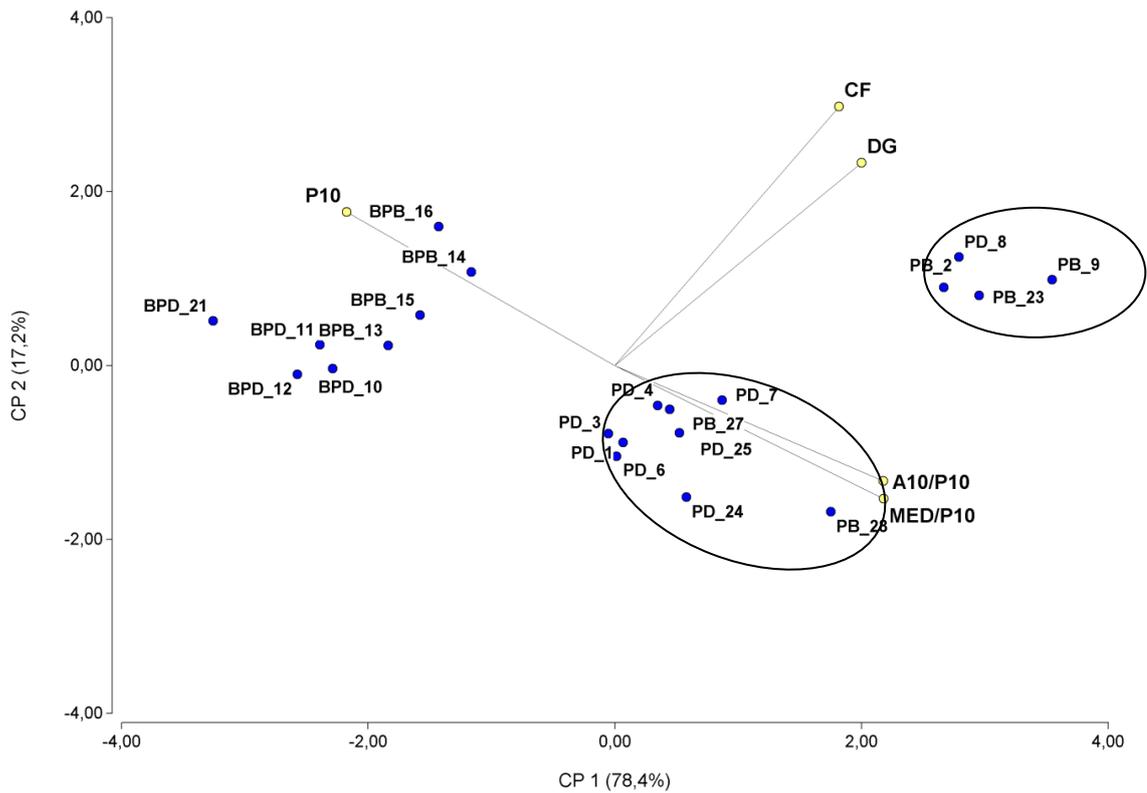
En la Figura 3.8 se presenta el biplot correspondiente al análisis de componentes principales de parámetros de calidad industrial (vectores) y líneas de trigo (puntos). Considerando los 2 ejes se explicó el 76,8% de la variación total. El 1º eje (54,7%) separó las líneas provenientes de P de las de BP donde todas las variables tienen un aporte positivo, dominado por las variables DZA, W, PROT y P/L. Los mayores valores para los parámetros considerados lo presentaron aquellas líneas con FG de BP. En el segundo eje (22,1%) se separaron las líneas de BP-D de BP-B, no así para P, donde las líneas de textura dura y blanda no se separaron tan marcadamente. Este eje está relacionado principalmente en la parte positiva con el SRCL y negativa con SRCA. Las líneas de BP-D presentaron valores más altos de DZA, W, P/L, GH, SRCC y SRCA indicando la importancia tanto de la composición proteica como de la dureza del grano en la fuerza, contenido de almidón dañado y la absorción de agua de una harina en la definición de la calidad de un trigo y su potencial uso final. Las altas relaciones entre variables están representadas por ángulos pequeños entre vectores. El biplot se puede interpretar como un resumen de lo observado en los ANOVA y análisis de correlaciones.

En la Figura 3.9 se presenta el biplot correspondiente al análisis de componentes principales de variables de calidad de productos elaborados y líneas de trigo. Considerando los 2 ejes se explicó el 96.2% de la variación total. El primer eje explicó el 78,4% de la variación total, el mismo separa las líneas con mala y buena calidad para galletitas dulces y crackers. En particular, se observó la separación entre líneas con FG de BP de P. En el segundo eje (17,2%) se separaron principalmente las líneas de Penawawa duro y blando, las primeras adaptándose especialmente a elaboración de galletitas cracker y las segundas bien adaptadas tanto a galletitas dulces como crackers por su alta proyección sobre los vectores de variables de calidad para ambos tipos de galletitas. Las líneas correspondientes a BP no se separaron por dureza. Algunos productos realizados con harinas de trigo blando requieren mayor fuerza de gluten, como por ejemplo las galletitas crackers (Kiszona *et. al.*, 2015).

Las altas relaciones entre variables están representadas por ángulos pequeños, tal es el caso de A10/P10 con MED/P10 y P10 (aunque esta última lo haga en sentido opuesto) y por otra parte CF con DG. Esto indica que se debería elegir un parámetro de evaluación para cada tipo de producto.



**Figura 3.8.** Biplot del análisis de componentes principales. Relación de líneas de trigo con variables de calidad industrial.



**Figura 3.9.** Biplot del análisis de componentes principales. Relación de líneas de trigo con variables de calidad de productos elaborados.

## REGRESIÓN MÚLTIPLE

Para predecir la potencialidad de uso específico de una harina se realizó un análisis de regresión múltiple con selección de variables Stepwise. Se estimó el A10/P10 y DG (variables dependientes) a partir de las variables correspondientes a las principales metodologías utilizadas para evaluación, tanto a nivel industrial como en programas de mejoramiento (variables independientes o explicativas).

En la Tabla 3.11 se presentan los  $R^2$  de regresión múltiple y selección Stepwise para predecir A10/P10 y DG, o sea la potencialidad de líneas de trigo para elaborar galletitas dulces y crackers en caso de no contar con el equipamiento para elaborar los productos o no se cuente con la suficiente cantidad de harina o se requiera procesar gran cantidad de muestras en un período corto de tiempo.

**Tabla 3.11.** Valores de R<sup>2</sup> de regresiones múltiples con selección de variables Stepwise para predecir comportamiento para elaborar galletitas dulces y cracker utilizando distintas metodologías de evaluación.

	SRC	MIXO	ALVEO
CF	0,47	0,56	0,58
DG	0,70	0,51	0,70
A10/P10	0,66	0,75	0,73

Se realizó regresión múltiple con selección Stepwise tomando por separado las variables de SRC, Mixograma y Alveograma.

De la Tabla 3.11 podemos observar que la capacidad predictivas de los parámetros de calidad fue superior para el DG que para el CF, ambos parámetros son ampliamente utilizados para la evaluación de calidad de galletitas dulces.

De los tres métodos, SRC, mixograma y alveograma, el mejor predictor de calidad galletitera para dulces y crackers fue el alveograma. Los valores obtenidos a partir del alveograma explicaron el 70 y 73% de la variación del DG y A10/P10 respectivamente. La predicción fue superior incluso que la del método SRC muy usado para seleccionar trigos aptos para la elaboración de galletitas dulces.

$$DG = 5,6197 - 0,0025 \times W + 0,0199 \times Ie - 0,0090 \times PA$$

$$A10/P10 = 0,19773 - 0,00076 \times PA - 0,00081 \times Ie$$

En casos donde se cuenta con poca cantidad de harina utilizando solo el método de perfil de capacidad de retención de solventes SRC se pudo explicar el 70% de la variación del DG y el 66% de A10/P10.

$$DG = 9,44 - 0,05 \times SRCA - 0,01 \times SRCS$$

$$A10/P10 = 0,43 - 0,001 \times SRCS - 0,0032 \times SRCW - 0,00048 \times SRCL$$

Por otra parte, a partir sólo del mixógrafo se puede explicar un 75% de la variación de A10/P10 en galletitas crackers, siendo un buen predictor de este parámetro, no así para galletitas dulces que predijo el 0,51% de DG y 0,56% de CF.

$$DG = 7,633 - 0,044 \times ALP$$

$$A10/P10 = 0,20268 - 0,00013 \times AREAP - 0,00124 \times ALP - 0,00046 \times AnP$$

Bettge *et al.* (1989), desarrollaron ecuaciones de predicción del DG a partir de PROT y PA del alveograma con un  $R^2=0,64$ . Moiraghi (2013), obtuvieron una ecuación de predicción de CF a partir de un modelo de regresión lineal con un coeficiente  $R^2= 0,52$  donde las variables predictoras fueron: SRCC, SRCS, PROT y pentosanos solubles. En trabajos previos Moiraghi *et al.* (2011), desarrollaron una ecuación de predicción del CF mediante análisis de regresión múltiple para selección de trigos blandos destinado a la elaboración de galletitas, utilizando como variables el tamaño de partícula de harina, el contenido de almidón dañado y el SRCC con un  $R^2$  de 0,65. Zangh *et al.* (2007), obtuvieron una ecuación de predicción para el DG que incluía el SRCS y el tamaño de partícula de harina con  $R^2$  de 0,85. Por otro lado Mir *et al.* (2014), propusieron una ecuación para predecir el DG solo a partir de la información generada por el SRC donde los solventes SRCA y SRCS manifestaron una mayor relación explicando el 69% de la variación encontrada. Para Duyvejonck *et al.* (2012), el SRCA fue el mejor parámetro para evaluar el DG, concluyendo que fue suficiente para evaluar la calidad galletitera, además indicó que el SRCC y el SRCS son responsables de la absorción de agua de la harina, por lo tanto serían indicadores del DG. Colombo *et al.* (2008), realizaron un modelo de predicción de CF a partir del SRCA con un  $R^2$  de 0,65.

En la revisión bibliográfica realizada al momento no se han encontrado predicciones de calidad para galletitas crackers mediante la utilización de métodos multivariados.

Utilizar el método SRC permitiría predecir de una manera relativamente buena el comportamiento de harinas de trigo para usos específicos como son galletitas dulces o *cookies* y crackers. Esto es de gran importancia en programas de mejoramiento donde la cantidad de muestras es limitada y es muy útil para determinar atributos de productos específicos solo utilizando pocos parámetros. Además de la limitante en cantidad de material disponible, muchas veces no se cuenta con equipamientos de alta tecnología para hacer una caracterización completa ya que son muy costosos.

Se debe tomar en cuenta que las estimaciones realizadas en los análisis de regresión múltiple pueden variar, ya que en este estudio no se trabajó con la variación genética que este tipo de estudios requeriría. Por el mismo motivo pueden encontrarse diferencias con estudios realizado por otros autores. Se considera de interés conducir este tipo de estudios sobre una amplia variación de las variables, tomando en cuenta la mayor variación genética posible a fin de obtener buenos estimadores de coeficientes de regresión que puedan estimar las variables galletiteras a partir de variables de calidad.

### CONCLUSIONES

Al evaluar el efecto en el cambio de textura del grano de trigo sobre dos fondos genéticos contrastantes, líneas estabilizadas BC3F4 de Buck Poncho y Penawawa, se encontró que tanto el FG como la TX mostraron influencia en la mayoría de los parámetros de calidad estudiados. En general, los cambios producidos por el FG mostraron más influencia en los parámetros evaluados.

El cambio de TX produjo diferencias significativas de similar intensidad sobre ambos FG (ausencia de interacción) en las siguientes variables: LCOLOR; L y W del alveograma; ALP del mixograma; VISCMAX, BDOWN y TPASTING del RVA; DG y CF de galletitas dulces y P10, A10/P10 de galletitas crackers. Es destacable que las principales variables que definen calidad galletitera como son DG, CF, P10 y A10/P10 pertenecen a este grupo en que el cambio de TX es aditiva con respecto a la influencia del cambio de FG.

Por otra parte, el cambio de TX influyó de distinto modo según el FG, presentando interacción FG\*TX en las siguientes variables: DZA; PROT; RENDH; CEN; PA; TD y AnP del mixograma; todos los parámetros del SRC y MED/P10 de galletitas crackers. En la mayoría de los casos donde se presentó interacción fue debido a que la TX produjo cambios de mayor magnitud sobre fondo genético de BP que en P.

Si bien el FG de BP mostró mayores efectos con el cambio de textura que P, en general, la incorporación de genes de TX blanda sobre FG de BP no fue suficiente como para llegar a los valores de los parámetros de calidad de P-D y P-B.

Se observó la existencia de altas correlaciones de parámetros físico-químicos y reológicos con parámetros de calidad industrial para galletitas dulces y crackers. Los parámetros derivados del alveograma, especialmente el W y PA tuvieron buena aptitud predictiva de la calidad galletitera, tanto para dulces como crackers. Con respecto al mixograma, todas las variables correlacionaron altamente con parámetros de calidad de crackers P10 y sus variables asociadas MED/P10 y A10/P10 y el ALP fue el mejor predictor para galletitas dulces. En el caso del perfil de capacidad de solventes, el SRCA fue el que mejor se correlacionó con DG y CF en galletitas dulces. Para crackers, si bien los 4 SRC tuvieron correlación con P10 de crackers y sus parámetros asociados A10/P10 y MED/P10, el SRCS fue el que mayor correlación presentó. Es importante destacar la importancia del contenido de proteína en la expresión de la calidad y la alta correlación observada

entre esta variable con los principales parámetros de calidad Industrial como son SRCL, SRCS, TD, DZA, GH y W.

En el biplot de componentes principales, considerando las variables de calidad físico-químicas y reológicas más usuales, cuyos dos primeros ejes explicaron el 76,8% de la variación total, se confirmó la existencia de 3 conjuntos de líneas con comportamiento similar. Por un lado se separaron las líneas provenientes de P y por otro lado BP-D y BP-B separadamente, confirmando que el FG es el factor más importante en la definición de la calidad de un trigo. Los mayores valores para los parámetros considerados lo presentaron aquellas líneas con FG de BP. Las líneas de BP-D presentaron valores más altos de DZA, W, P/L, GH, SRCC y SRCA indicando la importancia tanto de la composición proteica como de la DZA del grano en la fuerza, contenido de almidón dañado y la absorción de agua de una harina en la definición de la calidad de un trigo y su potencial uso final.

El biplot de componentes principales considerando variables de calidad galletitera, cuyos dos primeros ejes explicaron el 96,2% de la variación total, mostró que el FG es el factor que mejor explica la diferencia en calidad industrial. Por otro lado, para el caso de P la TX resultó discriminantes para determinar calidad galletitera, donde en general P-B mostraron buen comportamiento tanto para galletitas dulces como crackers y P-D se asociaron a una buena performance de galletitas crackers. BP-D y BP-B se asocian a mala calidad tanto de galletitas dulces como crackers.

De acuerdo a los resultados de este estudio surge que los parámetros más representativos para evaluar calidad en galletitas crackers es A10/P10 y para caracterizar galletitas dulces es DG.

Del análisis de regresión múltiple realizado para estimar los principales parámetros de calidad de galletitas dulces y crackers utilizando los parámetros de SRC, mixograma y alveograma separadamente, se observó que el alveograma es la mejor determinación para evaluar calidad para usos específicos, presentando una relación de  $R^2=0,70$  con DG y  $R^2=0,73$  con A10/P10. El SRC presentó una relación significativa con los parámetros que definen calidad galletita dulce (DG)  $R^2 = 0,70$  y calidad crackers (A10/P10)  $R^2 = 0,66$  lo cual lo posicionó como un buen método predictor de calidad galletitera. Es de gran utilidad debido a la ventaja que no requiere de equipamiento de alta tecnología, posee bajo costo operativo, requiere pequeña cantidad de muestra y en especial es muy útil en etapas tempranas del mejoramiento genético cuando no se dispone de material suficiente para realizar análisis completos de calidad industrial.

Es importante destacar que mediante la modificación de un solo gen (una región cromosómica pequeña) se logró cambiar el comportamiento físico-químico de un trigo desarrollando nuevos cultivares con características diferentes, a pesar de que en este trabajo específico no se logró mediante este cambio que una variedad de alta calidad panadera como lo es BP, se transforme en una variedad con aptitud galletitera.

Se propone continuar con estudios sobre la incorporación de genes de puroindolinas (*Pina-D1* y *Pinb-D1*) mediante el reemplazo de la combinación de puroindolinas mutada y normal de una variedad dura por una combinación de ambas puroindolinas normales correspondiente a una variedad blanda, sobre otros fondos genéticos más débiles de calidad panadera como pueden ser variedades de GC 3 a fin de lograr un cultivar de trigo de calidad específica con aptitud galletitera.

Existe una creciente demanda de harinas para este uso específico, por lo que es necesario desarrollar variedades de trigo en función de especificaciones industriales demandadas por los potenciales mercados consumidores de trigo, como es el mercado de galletitas.

## BIBLIOGRAFÍA

- AACC Method 1998. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists, 11nd edition, St. Paul, MN, USA.
- Adamski T., Surma M., Kaczmarek Z., Banaszak Z., Lugowska B., Kuczynska A., Krystkowiak K., Obuchowski W., Salmanowicz B., Majcher M., Adamska E., Mejza S., Mejza I. (2010). Relationship between grain hardness and protein content in winter wheat breeding lines evaluated in series of experimental. 8vo International wheat conference. Rusia. Abstract of oral and poster presentations, pp. 545-546.
- Aguirrezábal, L.A.N. y Andrade, F.H. (1998). Calidad de productos agrícolas. Bases ecofisiológicas, genéticas y de manejo agronómico. Unidad Integrada Balcarce.
- Agropost. (2015). Revista bimestral. N° 135.
- Ahn J. H., Kang C. S., Jeung J. U., Baik B. K., Peña R. J. and Park C. S. (2014). Effect of allelic variations at the Glu-D1, Glu-A3, Glu-B3 and Pinb-D1 loci on flour characteristics and bread loaf volumen. *International Food Research Journal* **21(3)**:1177-1185.
- Anjum, F.M. and Walker, C.E. (1991). Review on the significance of starch and protein to wheat kernel hardness. *Journal of the Science of food and agriculture*. **56**: 1-13.
- Anjum, F.M., Khan, M.R., Din, A., Saeed, M., Pasha, I., & Arshad, M.U. (2007). Wheat gluten: high molecular weight glutenin subunits—structure, genetics, and relation to dough elasticity. *Journal of food science*, **72(3)**: R56-R63.
- Ao, Z. and J.I. Jane. 2007. Characterization and modeling of the A- and B- granule starches of wheat, triticale and barley. *Carbohydrate Polimers*, **67**:46-55.
- Atwell, W.A., Hood, L.F., Lineback, D.R., Varrionomarston, E. and Zobel, H.F. (1988). The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Cereal Foods World*. **33**: 306-311.
- Barrera G., Perez G., Ribotta P and León A. (2007). Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. *European Food Research and Technolgy*, **225**: 1-7.
- Barrera, G.N., Bassi, E., Reyes Martínez, R.J., León, A. E. and Ribotta, P.D. (2012). Efectos de diferentes fracciones de harinas de trigo pan obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces. *Agriscientia*. **29(2)**: 69-79.

- Belderok, B., Mesdag, J., and Donner, D.A. (2000). Bread-making quality of wheat: a century of breeding in Europe. *Springer Science & Business Media*.
- Bergman, C.J., Gualberto, D.G., Campbell, K.G., Sorrells, M.E. and Finney, P.L. (1998). Genotype and Environment Effects on Wheat Quality Traits in a Population Derived from a Soft by Hard Cross. *Cereal Chemistry*, **75(5)**: 729-737.
- Bernabé, C.J. (2009). Influencia de los componentes de la harina en la panificación. *Panorama Panadero*, N° 357.
- Bettge A., Rubenthaler G. L. and Pomeranz Y. (1989) Alveograph Algorithms to Predict Functional Properties of Wheat in Bread and Cookie Baking. *Cereal Chem.* **66(2)**:81-86.
- Bettge, A., Morris, C. and Greenblatt, G. (1995). Assessing genotypic softness in single wheat kernels using starch granule-associated friabilin as a biochemical marker. *Euphytica*. **86**: 65-72.
- Bettge A.D. and Morris C.F. (2000). Relationships Among Grain Hardness, Pentosan Fraction, and End-Use Quality of Wheat. *Cereal Chemistry*, **77**:241-247.
- Bhave, M., and Morris, C.F. (2008). Molecular genetics of puroindolines and related genes: allelic diversity in wheat and other grasses. *Plant molecular biology*, **66(3)**: 205-219.
- Bloksma, A. H., Bushuk, W., & Pomeranz, Y. (1988). Wheat chemistry and technology. *Rheology and chemistry of dough*, **2**: 131-200.
- Bushuk, W. (1998). Wheat breeding for end-product use. *Euphytica* **100**: 137-145.
- Butow, B. J., Ma, W., Gale, K. R., Cornish, G. B., Rampling, L., Larroque, O. and Békés, F. (2003). Molecular discrimination of Bx7 alleles demonstrates that a highly expressed high-molecular-weight glutenin allele has a major impact on wheat flour dough strength. *Theoretical and Applied Genetics*, **107(8)**: 1524-1532.
- Caballero Barrigón A. y Ruiz Rodríguez L. (2009). Influencia de la dureza del trigo en las propiedades de las harinas panificables. Métodos analíticos de control del proceso de panificación. V congreso virtual iberoamericano. Gestion de calidad de Laboratorios.
- Cadena del Trigo en la Región Pampeana. 5to Foro Federal de la Industria – Región Pampeana. SAGPyA. (2005). Ministerio de Economía de la provincia de Buenos Aires. Mar del Plata, 26 y 27 de mayo 2005.

- Cane, K., Spackman, M., and Eagles, H.A. (2004). Puroindoline genes and their effects on grain quality traits in southern Australian wheat cultivars. *Crop and Pasture Science*, **55**(1): 89-95.
- Carson, G.R., Edwards, N.M., Khan, K., and Shewry, P.R. (2009). Criteria of wheat and flour quality. *Wheat: chemistry and technology*, (Ed. 4): 97-118.
- Chen, F., He, Z., Chen, D., Zhang, C., Zhang, Y., & Xia, X. (2007). Influence of puroindoline alleles on milling performance and qualities of Chinese noodles, steamed bread and pan bread in spring wheats. *Journal of Cereal Science*, **45**(1): 59-66.
- Colombo, A., Pérez, G.T., Ribotta, P.D. y León, A.E. (2008). A comparative study of physicochemical tests for quality prediction of Argentine wheat flours used as corrector flours and for cookie production. *J.Cereal Sci.* **48**: 775-780.
- Cuniberti, M., Nisi, J. y Masiero, B. (2000). Estabilidad en la calidad de las variedades de trigo: Importancia del W del alveograma. V Congreso de Trigo, Carlos Paz, Córdoba.
- Cuniberti, M. (2001). Parámetros de calidad que definen al trigo Argentino. Publicación técnica de Trigo. Campaña 2001. Información N° 5. EEA INTA Marcos Juárez, Córdoba.
- Cuniberti, M. (2003). Argentina hacia la clasificación de sus trigos. Trigo -Actualización 2003. Información para Extensión N° 79. INTA Marcos Juárez. Pág. 37-42.
- Cuniberti, M., Riberi, L., Vanzetti, L., Nisi, M.M., Masiero, B. and Helguera, M. (2004). Genetic variability of argentinean wheat storage proteins (*Triticumaestivum* L.) and quality. Using cereal science and trechnology for the benefit of consumers. Proceedings of the 12th international ICC cereal and bread congress. 23-26th may 2004, Harrogate, UK.
- Cuniberti M. y Menela D. (2004). Requerimientos Industriales de Trigo en la Argentina. Revista IDIA XXI, N° 6. INTA. pp. 16-20.
- Cuniberti, M.B. (2007). Diferenciación de calidades de trigo según características industriales y moleculares. Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina, pp.143.
- Cuniberti, M.B. (2011). Mejoramiento de trigo para calidades tecnológicas diferenciadas. Proyecto de Cooperación Internacional Bilateral INTA-Embrapa.

- Cuniberti, M. y Mir L., (2012). Relación gluten/proteína en trigo. Trigo actualización 2012. Informe de actualización técnica N° 23.pp. 23-33.
- Cuniberti, M. (2014). Productos que demanda el mercado y que el Mejoramiento Genético de Trigo debe atender. Seminario Internacional de Trigo. 1914- 2014, un siglo de mejoramiento de trigo en La Estanzuela. Un valioso legado para el futuro. 27 al 29 de agosto de 2014. La Estanzuela, Uruguay.
- de la Horra A.E; Seghezzo M.L; Molfese E, Ribotta P. y León A. 2012. Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriciencia*, 2012, VOL. XXIX (2):81-89
- Demichelis, M., Vanzetti, L., Pflüger, L., Bainotti, C., Mir, L., Cuniberti, M y Helguera, M. (2008). Efecto de variantes alélicas de los genes *Glu-A3/Gli-A1* y *Glu-D3/Gli-D1* de trigo hexaploide (*Triticum aestivum* L.) en parámetros de calidad industrial. En: VII Congreso Nacional de Trigo, V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal y I Encuentro del MERCOSUR. 2,3 y 4 de Julio de 2008. Santa Rosa, La Pampa.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. Infostat versión 2014. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dirección de Industria Alimentaria Argentina. (2015). [www.alimentosargentinos.gob.ar](http://www.alimentosargentinos.gob.ar) Activa enero 2016.
- Doescher, L. and Hosney, R. (1985). Saltine crackers: changes in crackers sponge rheology and modification of a cracker-baking procedure. *Cereal Chem*, **63(3)**: 158-162.
- D'Ovidio, R., and Masci, S. (2004). The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, **39(3)**: 321-339.
- Duyvejonck, A.E., Lagrain, B., Pareyt, B., Courtin, C.M., and Delcour, J.A. (2011). Relative contribution of wheat flour constituents to solvent retention capacity profiles of European wheats. *Journal of Cereal Science*, **53(3)**: 312-318.
- Duyvejonck, A.E., Lagrain, B., Dornez, E., Delcour, J.A., and Courtin, C.M. (2012). Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. *LWT-Food Science and Technology*, **47(1)**: 56-63.

- Eliasson, A. and Larsson, K. (1993). Bread. En: Cereals in Breadmaking. Elisson, A. Larsson, K. (eds.) Marcel Dekker, USA. pp. 325-363.
- Faridi, H.A and Rasper, V.F. (1987). The Alveograph Handbook. Am. Assoc. *Cereal Chem.* St. Paul, MN.
- Federación Argentina de Industria molinera. (2015). www.faim.org.ar. Activa enero 2016.
- Finney, P. L. and Andrews, L. C. (1986). Revised microtesting for soft wheat quality evaluation. *Cereal Chemistry* (USA), Volume **63**. US8648152
- Finney, K. F., Yamazaki, W. T., Youngs, V. L., & Rubenthaler, G. L. (1987). Quality of hard, soft, and durum wheats. Wheat and wheat improvement, (wheatandwheatim), 677-748.
- Gaines, C.S. (1985). Associations among soft wheat flour particle size, protein content, chlorine response, kernel hardness, milling quality, white layer cake volume, and sugar-snap cookie spread. *Cereal Chem.* **62**: 290-292.
- Gaines, C.S., Donelson, J.R., and Finney, P.L. (1988). Effects of damaged starch, chlorine gas, flour particle size, and dough holding time and temperature on cookie dough handling properties and cookie size. *Cereal Chem*, **65(5)**: 384-389.
- Gaines, C.S. (1990). Influence of chemical and physical modification of soft wheat protein on sugar-snap cookie dough consistency, cookie size, and hardness. *Cereal Chem.* **67**: 73-77.
- Gaines, C.S., Finney, P.L. and Andrews L.C. (1997). Influence of Kernel Size and Shriveling on Soft Wheat Milling and Baking Quality. *Cereal Chemistry*. **74(6)**: 700-704.
- Gaines, C.S. (2000). Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles (AACC Method 56-11). *Cereal Foods World*. **45**: 303-306.
- Gaines, C.S. (2004). Prediction of sugar-snap cookie diameter using sucrose solvent retention capacity, milling softness, and flour protein content. *Cereal Chem.* **81**: 549-552.
- Gautier, M.F., Aleman, M.E., Guirao, A., Marion, D., Joudrier, P. (1994). Triticum aestivum puroindolines, two cystine-rich seed proteins: cDNA sequence analysis and developmentar gene expression. *Plant Molecular Biology*, **25**: 43-57.

- Geng, Z., Zhang, P., Yao, J., Yang, D., Ma, H., & Rayas-Duarte, P. (2012). Physicochemical and rheological properties of Chinese soft wheat flours and their relationships with cookie-making quality. *Cereal Chemistry*, **89**(5): 237-241.
- Gianibelli, M.C., Larroque, O.R., MacRitchie, F. and Wrigley, C.W. (2001). Biochemical, Genetic, and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins. *Cereal Chemistry*, **78**: 635-646.
- Gianibelli, M.C., Echaide, M., Larroque, O.R., Carrillo, J.M., and Dubcovsky, J. (2002). Biochemical and Molecular Characterization of *Glu-1* loci in Argentinean Wheat cultivars. *J. Euphytica*, **128**: 61-73.
- Giovagnoli, C. (2013). Evaluación de la calidad de los trigos blandos (*Triticum aestivum* L.) para galletitas en programas de mejoramiento genético. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Villa María, Villa María, Córdoba.
- Giroux, M. and Morris, C. (1997). A serine to glycine change in puroindoline b I associate with wheat grain hardness and low levels of starch –surface friabilin. *Theor. Appl. Genet.* **95**: 857-864.
- Giroux, M.J. and Morris, C.F. (1998). Wheat grain hardness results from highly conserved mutations in the friabilin components puroindoline a and b. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **95**: 6262-6266.
- Gómez Pallarés M., León A., y Rosell C. (2007). Trigo. En: De tales harinas, tales panes. Ed. León A. y Rosell. pp. 19-71.
- Graybosch, R.A.; Peterson, C.J.; Shelton, D.R. and Baenziger, P.S. (1996). Genotypic and Environmental Modification of Wheat Flour Protein Composition in Relation to End-Use Quality. *Crop Science*. **36**(2): 296- 300.
- Guía alimentaria Argentina. (2015). [www.msal.gob.ar](http://www.msal.gob.ar) activa enero 2016.
- Gupta, R.B., Singh, N.K.N, and Shepherd, K.W. (1989). The cumulative effect of allelic variation in LMW and HMW glutenin subunits on dough properties in the progeny of two bread wheats. *Theoretical and Applied Genetic*. **77**: 57-64.
- Gupta, R.B., Paul, J.G., Cornish, G.B., Palmer, G.A., Bekes, F. and Rathjen, A.J. (1994). Allelic variation at Glutenin subunit and Gliadin loci, *Glu-1*, *Glu-3* and *Gli-1*, of common wheats. Its additive and interaction effects on dough properties. *Journal of Cereal Science*, **14**: 105-109.

- Guttieri, M.J., Bowen, D., Gannonc, D., O'Brien, K. and Souza, E. (2001). Solvent retention capacities of irrigated soft white spring wheat flours. *Crop Sci.* **41**: 1054-1061.
- Guttieri, M.J., McLean, R., Lanning, S.P., Talbert, L.E., and Souza, E.J. (2002). Assessing Environmental Influences on Solvent Retention Capacities of Two Soft White Spring Wheat Cultivars. *Cereal Chemistry* **79**: 880-884.
- Guttieri, M.J. and E. Souza, 2003. Sources of variation in the solvent retention capacity test of wheat flour. *Crop Science* **43**:1628-1633.
- Hogg, A.C., Sripo, T., Beecher, B., Martin, J.M. and Gorpux, M.J. (2004). Wheat puroindoline interact to form friabilin and control wheat grain hardness. *Theor Appl Genet* **108**: 1089-1097.
- Hoseney, R.C., Zeleznak, K.J. and Yost, D.A. (1986). A note on the gelatinization of starch. *Starch/Stärke.* **38**: 407-409.
- Hoseney, R.C. (1991). Proteínas de los cereales. En: Principios de la Ciencia y Tecnología de los Cereales. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul MN, USA. pp. 239-269. pp 199.
- Hoseney, R.C. (1994). Structure of Cereal. En: Principles of Cereal Science and Technology, Second Edition. Hoseney, R.C. (ed.) American Association of Cereal Chemistry, USA. 378 pp.
- Hugo, W y Godiño, M. (2000). Tecnología de almacenamiento de granos de trigo. Serie técnica 107. SIDALC – Alianza de Servicios de información agropecuaria.
- ICC Standart Methods. (1996). International Association for Cereal Science and Technology (ICC). Printed by ICC. Viena, Austria.
- IRAM. Instituto Nacional de Normalización de Materiales. Metodología de análisis de calidad de trigo. Subcomité de cereales. [www.iram.org.ar](http://www.iram.org.ar)
- Jolly, C., Rahaman, S., Kortt, A. and Higgins, T. (1993). Characterization of the wheat Mr. 15.000 grain softness protein and analysis of the relationship between its accumulation in the whole seed and grain softness. *Theor. Appl. Genet.*, **86**: 589-597.
- Khatkar, B.S., Bell, A.E. and Schofield, J.D. (1996). A comparative study of the interrelationships between mixograph parameters and bread making qualities of wheat flours and glutens. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **72**: 71-85.

- Kiszonas, A.M., Fuerst, E.P., and Morris, C.F. (2013). A comprehensive survey of soft wheat grain quality in US germplasm. *Cereal Chemistry*, **90(1)**: 47-57.
- Kiszonas, A.M., Fuerst, E.P. and Morris, C.F. (2015). Modeling End-Use Quality in U.S. Soft Wheat Germplasm. *Cereal Chem.* **92 (1)**: 57-64.
- Kurimoto, M. (1988). The effect of flour particle size on baking quality and the other flour attributes. *Cereal Foods World*, Volume **33(5)**. US8933110.
- Kweon, M., Slade, L., and Levine, H. (2011). Solvent Retention Capacity (SRC) Testing of Wheat Flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding- A review. *Cereal Chemistry*, **88(6)**: 537-552.
- Kweon, M., Slade, L. and Levine, H. (2011a). Development of a Benchtop Baking Method for Chemically Leavened Crackers. I. Identification of a Diagnostic Formula and Procedure. *Cereal Chem.* **88(1)**: 19-24.
- Kweon, M., Slade, L., Levine, H. and Gannon D. (2014). Cookie-versus Cracker-Baking- What's the Difference? Flour Functionality Requirements Explored by SRC and Alveography. *Critical reviews in food science and nutrition*, **54**: 115-138.
- Labuschagne, M.T., Claassen, A., and Van Deventer, C.S. (1997). Biscuit-making quality of backcross derivatives of wheat differing in kernel hardness. *Euphytica*, **96(2)**: 263-266.
- Lawrence, G.J. and Shepherd, K.W. (1980). Variation in Glutenin Protein Subunits of wheat. *Australian Journal of Biology Science*, **33**: 221-233.
- León, A.E., Rubiolo, O.J., Añon, M.C. (1996). Use of triticale flours in cookies: Quality factors. *Cereal Chemistry*, **73**: 779-784.
- León, A.E y Rosell, C.M. (2007). De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. 1<sup>ra</sup> edición, Córdoba. Hugo Báez, editor.
- Levine, H. and Slade, L. (2004). Influence of hydrocolloids in low-moisture foods- a food polymer science approach. *Gums and Stabilisers for the food Industry* 12, pp. 425-436. Williams, P.A. and Phillips, G.O., Eds., Nottingham University Press, Sheffield.
- Lezcano, E. (2015). El trigo y sus derivados. Análisis de la cadena alimentaria. Publicado en Internet, disponible en:

<http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/farinaceos/Productos/GalletitasBizcochos>\_2015. Activa Marzo 2016.

- Lillemo, M. and Morris, C.F. (2000). A leucine to proline mutation in puroindoline b is frequently present in hard wheat from Northern Europe. *Theor Appl. Genet.* **100**: 1100-1107.
- Lillemo, M. and Ringlund, K. (2002). Impact of puroindoline b alleles on the genetic variation for hardness in soft x hard wheat crosses. *Plant Breed.* **121**: 210-217
- Manley, D.J.R. (1989). Galletas <<cracker>> de crema. Capítulo N° 16. En: Tecnología de la industria galletera. Galletitas, crackers y otros horneados. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza (España). pp: 163-176.
- Martin, J.M., Froberg, R.C., Morris, C.F., Talbert, L.E., and Giroux, M.J. (2001). Milling and bread baking traits associated with puroindoline sequence type in hard red spring wheat. *Crop Science*, **41(1)**: 228-234.
- Martinant J.P., Nicolas Y., Bouguennec A., Popineaut Y., Saulnier L. and Branlard G. (1998). Relationship Between Mixograph Parameters and Indices of Wheat Grain Quality. *Journal of cereal science*, **27**: 179-189.
- Matz S. (1999). Bakery Technology and Engineering, 3° Edition. Editado por Matz, S. Pan- Tech International, USA.
- Min Agri, (2016). Estimaciones agrícolas Ministerio de Agricultura ganadería y pesca. Publicado en Internet, disponible en <http://www.siiia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura>. Activa enero 2016.
- Miller, R.A. and Hoseney, R.C. (1997). Factors in Hard Wheat Flour Responsible for Reduced Cookie Spread. *Cereal Chem.* **74**: 330-336.
- Mir, L., Vanzetti, L., Bainotti, C., Conde, M.B., Masiero, B., Helguera, M., Perez, G. y Cuniberti, M. (2012). Effect of grain hardness in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) quality parameters. 14th ICC Cereal and Bread Congress. Forum on Fats and Oils. August 6-9, 2012. Beijing, China.
- Mir, L., Giovagnoli, C. y Cuniberti, M. (2014). Predicción del diámetro de galleta por el método de capacidad de retención de solvente para la selección de trigos blandos. Seminario internacional de trigo. 1914-2014 un siglo de mejoramiento en La Estanzuela. Un valioso legado para el futuro. 27-29 de Agosto de 2014. La Estanzuela, Uruguay. Pag. 72.

- Moiraghi M., Ribotta P., Aguirre A., Pérez G. y León A. (2005). Análisis de la aptitud de trigo pan para la elaboración de galletitas y bizcochuelos. *Agriciencia*, **22(2)**: 47-54.
- Moiraghi M., Vanzetti L., Bainotti C., Helguera M., León A.E., Ribotta P.D. and Pérez G.T. (2007). Association of cookie quality with protein composition in soft wheats. 1<sup>ra</sup> ICC Latinoamerican Conference on Cereals and Cereal Products. Rosario. pp. 72.
- Moiraghi, M., Vanzetti, L., Bainotti, C., Helguera, M., León, A. and Pérez, G. (2011). Relationship Between Soft Wheat Flour Physicochemical Composition and Cookie Making Performance. *Cereal Chem.* **88**: 130-136.
- Moiraghi, M. (2013). Calidad tecnológica de trigos blandos para la obtención de galletitas. Asociación entre la composición genética del grano y las propiedades físico-químicas de sus harinas. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. pp: 99-102
- Morris, C.F., and Rose, S.P. (1996). Wheat. pp. 3-54 in: Cereal Grain Quality. R.J. Henry and P.S. Kettlewell, eds. Chapman and Hall: London, U.K.
- Morris, C.F., and Konzak, C.F. (2001). Registration of hard and soft homozygous waxy wheat germplasm. *Crop science*, **41(3)**: 934-935.
- Morris C.F. (2002). Puroindolines: the molecular genetic basis of grain hardness. *Plant Molecular Biology*, **48**: 633-647.
- Neacsu, A., Stanciu, G. and Săulescu, N.N. (2009). Most suitable mixing parameters for use in breeding bread wheat for processing quality. *Cereal Research Communications* **37**: 83-92.
- Nelson, J.C., Andreescu, C., Breseghello, F., Finney, P.L., Gualberto, D.G., Bergman, C.J., Peña, R.J., Reine Perretant, M., Leroy, P., Qualset, C.O. and Sorrells, M.E. (2006). Quantitative trait locus analysis of wheat quality traits. *Euphytica*, **149**: 145-159.
- Nisi M., Vanzetti L., Bainotti C., Formica B., Nisi J. y Helguera M. (2004). Utilización de marcadores moleculares en el mejoramiento de trigo. Genes de calidad y resistencia a enfermedades. *IDIA*, **21**: 34-39.
- Pantanelli, A. (2002). Galletitas. *Alimentos Argentinos*, **19**: 47-55.
- Park S.H., Wilson J.D. and Seabourn B.W. (2009). Starch granule size distribution of hard red winter and hard red spring wheat: Its effects on mixing and breadmaking quality. *Journal of Cereal Science*, **49**: 98-105.

- Parey, B. and Delcour, J.A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Food Sci. Nutr.* **42**: 418-423.
- Pasha, I., Anjum, F.M. and Butt, M.S. (2009). Genotypic variation of spring wheats for solvent retention capacities in relation to end-use quality. *LWT Food Science and Technology*, **42**: 418-423.
- Pasha, I., Anjum, F.M., and Morris, C.F. (2010). Grain hardness: a major determinant of wheat quality. *Food Science and Technology International*, 1082013210379691.
- Payne, P.I., Holt, L.M. and Law, C.N. (1981). Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. *Theor. Appl. Genet.* **60**: 229-236.
- Payne, P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F. and Holt L.M. (1987). The relationship between HMW glutenin subunits composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *Journal Sci. Food Agric.* **40**: 51-65.
- Peña R.; Ortiz-Monasterio, J. y Sayre, K. (1998). Estrategias para mejorar (o mantener) la calidad panadera en trigo de alto potencial de rendimiento. En Koohli, M; Martini, M. (eds). "Explorando altos rendimientos de trigo". La Estanzuela, Uruguay; CIMMYT-INIA. pp 287-304.
- Peña R.J. (2003). Influencia de la textura del endosperma y la composición de las proteínas del gluten en la calidad panadera del trigo. En: Claudio Jobet (ed.). Avances y Perspectivas en calidad Industrial del trigo. Serie Acta N° 21. INIA Chile. pp. 23-40.
- Pérez, G.T., León, A.E., Ribotta, P.D., Aguirre, A., Rubiolo, O.J. and Añón, M.C. (2003). Use of triticale flours in cracker-making. *European Food Research and Technology*, **217(2)**: 134-137.
- Pflüger, L.A, Suárez, E.Y, Lafiandra, D. (1998). Relationships between wheat high molecular weight glutenin subunit compositions, 1RS translocations and sodium dodecyl sulfate sedimentation volumen. *J. Genet & Breed.* **52**: 271-279.
- Pflüger, L., Cuniberti, M., Babinec, F. y Helguera, M. (2008). Evaluación del efecto del alelo *Glu-B1 al* sobre parámetros de calidad panadera en trigos Argentinos. En: VII Congreso Nacional de Trigo, V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal y I Encuentro del MERCOSUR. 2,3 y 4 de Julio de 2008. Santa Rosa, La Pampa.

- Pizzinato A, Hosene R (1980). A laboratory method for saltine crackers. *Cereal Chem*, **57**: 249-252.
- Primard, S., Graybosch, R., Peterson, C.J. and Lee, J. (1991). Relationships Between gluten protein composition and quality characteristics in four populations of high-protein, hard red winter wheat. *Cereal Chemistry*. **68(3)**: 305-312.
- Producción mundial de trigo. Estimaciones 2016. [www.produccionmundialdetrigo.com](http://www.produccionmundialdetrigo.com)  
USDA activa febrero 2016.
- Posner, E.S., and Hibbs, A.N. (1997). Experimental and laboratory milling. Wheat Flour Milling. ES Posner and A. N Hibbs, eds. AACC International: St. Paul, MN, 31-62.
- Pomeranz Y. (1971). Composition and functionality of wheat-flour components. In: Wheat, Chemistry and Technology. Ed., Pomeranz Y, AACC. St. Paul, MN. Second Edition. pp. 585-674.
- Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Editorial Acribia.
- Ragae, S., and Abdel-Aal, E. S. M. (2006). Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chemistry*, **95(1)**: 9-18.
- Ram, S. and Singh, R.P. (2004). Solvent Retention Capacities of indian wheats and their relationship with cookie-making quality. *Cereal Chem.*, **81**: 128-133.
- Ram, S., Vinamrata D., Singh, R.P., and Shoran, J. (2005). Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science*, **42**: 261-266.
- Ramwell, M. y Lorena, M. (2004). Detección de mutaciones asociadas a dureza de grano a 113 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) por medio de herramientas biotecnológicas. Tesis de grado.
- Rogers, D.E., and Hosene, R.C. (1989). A fractionation and reconstitution method for saltine crackers flour. *Cereal Chemistry*, **66(1)**: 3-6.
- Rogers, D.E., Hosene, R.C., Lookhart, G.L., Curran, S.P., Lin, W.D.A, and Sears, R.G. (1993). Milling and cookie baking quality of near isogenic lines of wheat differing in kernel hardness. *Cereal Chem.* **70**: 183-187.
- SAGPYA (2005). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. [www.sgp.gov.ar](http://www.sgp.gov.ar) activa enero 2016.

- Saiki, R.K., Gelfand, D.H., Stoffel, S., Scharf, S.J., Higuchi, R., Horn, G.T. and Erlich, H.A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science*, **239(4839)**: 487-491.
- Sambrook, J., Fritsch, E.F. and Maniatis, T. (1989). New York: Cold spring harbor laboratory press. *Molecular cloning*, **2**: 14-9.
- Sasaki, T., Yasui, T., Kiribuchi-Otobe, C., Yanagisawa, T., Fujita, M. and Kohyama, K. (2007). Rheological properties of starch gels from wheat mutants with reduced amylose content. *Cereal chemistry*, **84(1)**: 102-107.
- Scientific, N. (1998). Applications manual for the rapid visco analyzer using thermocline for windows. *Newport Scientific Pty Ltd*, **1(2)**: 2-26.
- Seghezzo M.L. and Cuniberti M. (2009). Wheat marketing and trade situation in Argentina. IV International Wheat Quality Conference. Saskatoon, Saskatchewan, Canada. Abstract pp. 24.
- Singh, S., Gupta, A.K., Gupta, S.K., and Kaur, N. (2010). Effect of sowing time on protein quality and starch pasting characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under irrigated and rain-fed conditions. *Food Chemistry*, **122(3)**: 559-565.
- Slade, L., and Levine, H. (1994). Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. *The science of cookie and cracker production*, 23-141.
- Sourdille P., Perretant M., Charmet G., Leroy P., Gautier M., Joudrier P., Nelson J., Sorrels M., Bernard M., (1996). Linkage between RFLP markers and genes affecting kernel hardness in wheat. *Theory. Appl. Genet.* **93**: 580-586.
- Souza, E., Kruk, M. and Sunderman, D.W. (1994). Association of sugarsnap cookie quality with high molecular weight glutenin alleles in soft white spring wheats. *Cereal Chemistry*, **71**: 601-605.
- Steffolani, M.E., Pérez, G.T., Ribotta, P.D. and León, A. (2007). Relationship between variety classification and breadmaking quality in Argentine wheats. *J Agric Res.* **2(1)**: 33-42.
- Tipples, K.H., Kilborn, R.H and Preston K.R. (1994). Bread Wheat quality defined. En: Bushuk, W., Rasper, V. F. (eds) *Wheat: production, properties and quality*. Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall, Glasgow, pp 25-35.

- Tranquilli, G.T., Lijavetzky, D., Muzzi, G. and Dubcovsky, J. (1999). Genetic and physical characterization of grain texture-related loci in diploid wheat. *Mol. Gen. Genet.* **262**: 846-850.
- Tranquilli, G., Chicaiza, O., Brevis, J.C. and Dubcovsky, J. (2007). Differences in wheat grain texture and protein content between isogenic lines for the puroindoline alleles *Pina-D1b* and *Pinb-D1b*. Abstract 1<sup>st</sup> Latin American Conference on Cereals and Cereals Products Quality and Safety. New Challenges of World Demand, p 48 Proceedings CD.
- Trigo Argentino. Informe institucional sobre su calidad. [www.trigoargentino.com.ar](http://www.trigoargentino.com.ar) Activa Junio 2016.
- Turnbull, K.M. and Rahman S. (2002) Endosperm Texture in Wheat. *Journal of cereal science*, **36**: 327-337.
- Vanzetti, L., Pflüger, L., Rodriguez Quijano, M., Carrillo, J. and Helguera, M. (2009). Genetic variability for Waxy genes in Argentinean bread wheat germoplasm. *Electronic Journal of Biotechnology*, **12(1)**: ISSN: 0717-3458.
- Vanzetti, L. S., Yerkovich, N, Chialvo, E., Lombardo, L., Vaschetto, L. and Helguera, M. (2013). Genetic structure of Argentinean hexaploid wheat germoplasm. *Genet. Mol. Biol.* **36(3)**: 391-399.
- Vawser, M. and Cornish, G. (2004). Over-expression of HMW glutenin subunit Glu-B1 7x in hexaploid wheat varieties (*Triticum aestivum* L). *Australian Journal of Agricultural Research*. **55**: 577-588.
- Vazquez, D. (2009). Aptitud industrial de trigo. Programa Nacional de Investigación de Secano. Serie técnica N° 177. INIA La Estanzuela, Uruguay.
- Walker, C.E. and Hazelton, J.L. (1996). Dough rheological tests. *Cereal foods world* (USA). Volume **41**. US9607041
- Wang, Z.J., Wang, J.H., Liu, L.Y., Huang, W.J., Zhao, C.J. and Wang, C.Z. (2004). Prediction of grain protein content in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) using plant pigment ratio (PPR). *Field Crops Research*, **90(2)**: 311-321.
- Weining S. and Langridge P. (1991). Identification and mapping of poly-morphism in cereals based on polymerase chain reaction. *Theory Appl. Genet.* **82**: 209-216.
- Wrigley, C. (2006). Global warming and wheat quality. *Cereal Foods World*.

- Xiao, Z.S., Park, S.H., Chung, O.K., Caley, M.S. and Seib, P.A. (2006). Solvent Retention Capacity Values in Relation to Hard Winter Wheat and Flour Properties and Straight-Dough Breadmaking Quality 1. *Cereal chemistry*, **83**(5): 465-471.
- Zhang Q., Zhang Y., Zhang Y., He Z. and Peña, R.J. (2007). Effects of Solvent Retention Capacities, Pentosan Content, and Dough Rheological Properties on Sugar Snap Cookie Quality in Chinese Soft Wheat Genotypes. *Crop Sci*, **47**: 656-664.
- Zeng, M., Morris, C.F., Batey, I.L. and Wrigley, C.W. (1997). Sources of variation for starch gelatination, pasting, and gelation properties in wheat. *Cereal Chem.* **74** (1): 63-71.

## **ANEXO 1**

### **CARACTERIZACION DE LA CALIDAD COMERCIAL E INDUSTRIAL**

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	PH (kg/nl)	P1000 (g)	RENDH (%)	CEN (%sss)	DZA	COLOR DE GRANO			PROT (%)	GLUTEN		
								LCCOLOR	a	b		GH (%)	GS (%)	GI (%)
5375		1	75,80	30,0	68,5	0,680	21,4	51,65	4,96	14,20	12,2	26,7	8,9	90
5376	PD_1	2	75,60	30,0	67,9	0,663	36,7	50,75	4,91	13,68	12,8	29,6	9,7	91
5377		3	75,30	29,0	68,0	0,658	36,1	50,70	5,06	13,88	12,3	28,0	9,2	90
5378		1	74,50	32,0	62,8	0,582	15,9	52,77	5,05	14,95	12,4	23,9	7,9	96
5379	PB_2	2	73,70	31,0	63,8	0,579	26,2	51,16	5,24	14,56	12,7	26,4	8,8	96
5380		3	73,70	32,0	63,1	0,593	17,3	52,62	4,90	14,82	12,0	23,5	7,8	95
5381		1	75,90	29,0	68,4	0,673	30,7	51,30	5,00	14,29	12,2	24,7	8,4	99
5382	PD_3	2	74,80	30,0	66,8	0,642	32,7	49,65	4,94	13,62	12,6	24,9	8,6	98
5383		3	73,00	28,0	66,7	0,662	38,1	50,59	5,00	13,85	12,6	23,6	8,5	99
5384		1	75,50	33,0	68,1	0,671	28,5	51,71	5,01	14,22	11,9	26,3	8,8	96
5385	PD_4	2	74,20	32,0	68,4	0,644	33,6	51,42	4,86	13,90	13,2	29,0	10,1	95
5386		3	75,20	34,0	68,5	0,673	27,7	52,18	5,01	14,53	11,3	25,0	8,1	79
5387		1	74,70	30,0	67,5	0,732	35,5	51,16	4,92	14,05	12,1	27,0	9,2	95
5388	PD_6	2	75,10	32,0	69,5	0,691	35,1	50,70	4,86	13,75	12,4	27,8	9,4	93
5389		3	74,10	30,0	68,5	0,696	37,1	50,96	4,91	13,87	13,2	29,7	10,2	94
5390		1	75,60	32,0	66,8	0,682	38,2	50,97	5,00	13,87	12,7	27,7	9,2	97
5391	PD_7	2	76,70	34,0	70,7	0,625	30,1	51,66	4,91	14,07	12,4	27,2	9,1	90
5392		3	75,40	32,0	70,4	0,619	34,7	50,82	4,94	13,80	12,4	26,7	9,0	96
5393		1	75,30	33,0	63,4	0,567	18,8	50,96	5,07	14,40	12,7	27,5	9,0	93
5394	PD_8	2	73,70	32,0	64,1	0,518	11,0	52,99	5,09	15,05	12,4	25,8	8,4	88
5395		3	74,40	34,0	64,7	0,605	16,1	53,71	4,99	15,46	11,9	25,5	8,2	90
5396		1	75,30	32,0	62,1	0,606	32,2	52,17	5,23	14,95	12,5	24,4	8,1	95
5397	PB_9	2	75,20	34,0	64,7	0,534	20,5	53,67	5,12	15,45	12,1	25,1	8,1	90
5398		3	75,90	32,0	64,4	0,534	15,2	52,39	5,30	15,10	12,4	25,8	8,3	85
5399		1	80,00	32,0	69,4	0,830	79,3	42,93	5,08	9,87	13,7	28,4	11,0	100
5400	BPD_10	2	78,40	30,0	68,1	0,820	79,2	42,85	4,92	10,00	14,2	30,0	10,7	100
5401		3	79,10	32,0	69,7	0,893	77,3	42,88	5,04	9,83	13,1	27,4	12,0	100
5402		1	78,50	32,0	69,7	0,834	79,2	43,13	4,98	9,90	13,1	27,0	10,5	100
5403	BPD_11	2	75,40	32,0	69,8	0,836	76,6	42,68	5,04	9,79	13,4	28,7	10,4	100
5404		3	78,90	32,0	68,9	0,843	78,4	42,90	5,03	9,84	13,6	28,3	10,5	100
5405		1	80,10	38,0	69,7	0,873	60,0	44,50	4,97	10,49	14,8	32,2	11,0	98
5406	BPD_12	2	80,00	36,0	70,5	0,787	59,8	45,29	4,93	10,90	15,6	35,6	12,2	97
5407		3	80,10	36,0	68,4	0,770	57,1	44,27	5,05	10,59	14,8	35,8	12,5	99

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	PH (kg/ml)	PI000 (g)	RENDH (%)	CEN (%s.s.s)	DZA	COLOR GRANO			PROT (%)	GLUTEN		
								LCOLOR	a	b		GH (%)	GS (%)	GI (%)
5408		1	78,10	32,0	62,8	0,734	66,3	43,66	5,31	10,73	14,0	29,1	10,3	100
5409	BPB_13	2	75,30	30,0	60,2	0,821	68,1	44,60	5,06	10,92	14,8	31,9	11,2	99
5410		3	76,70	30,0	62,1	0,712	61,4	45,23	5,18	11,06	14,1	26,6	9,7	100
5411		1	79,40	38,0	65,2	0,579	50,3	45,66	5,37	11,32	15,4	30,8	11,0	100
5412	BPB_14	2	78,10	34,0	64,3	0,703	43,7	45,89	5,19	11,35	15,9	34,5	12,2	100
5413		3	79,80	36,0	62,5	0,654	47,3	45,38	5,11	11,10	15,2	31,1	12,4	99
5414		1	79,00	36,0	66,6	0,636	49,3	45,18	5,24	11,08	15,4	32,5	12,3	99
5415	BPB_15	2	78,00	35,0	65,9	0,698	45,0	44,81	5,07	10,93	15,4	32,1	12,3	99
5416		3	78,10	32,0	63,1	0,688	46,3	45,51	5,21	11,32	15,0	29,7	11,1	100
5417		1	78,70	32,0	66,1	0,683	72,0	43,49	5,32	10,67	14,2	26,5	11,7	100
5418	BPB_16	2	76,70	30,0	64,4	0,701	71,7	43,55	5,18	10,53	14,0	26,3	10,7	100
5419		3	75,30	28,0	63,0	0,664	68,4	43,83	4,99	10,55	14,3	26,2	10,5	100
5420		1	78,20	34,0	68,8	0,750	79,1	43,23	4,83	9,96	14,5	30,2	11,3	100
5421	BPD_21	2	77,70	33,0	68,8	0,860	74,0	43,46	4,91	10,10	14,2	30,7	11,0	100
5422		3	78,30	36,0	69,8	0,820	74,3	43,22	4,84	9,97	13,9	29,9	10,7	100
5423		1	75,00	34,0	64,0	0,550	18,9	52,66	4,90	14,91	12,9	26,4	8,6	93
5424	PB_23	2	74,50	35,0	63,0	0,528	21,6	52,19	4,92	14,62	13,0	24,8	8,6	85
5425		3	74,00	34,0	65,3	0,593	16,9	53,18	4,87	15,01	12,1	26,2	8,5	82
5426		1	76,90	36,0	69,0	0,620	24,2	52,17	4,75	14,04	13,1	30,0	10,6	82
5427	PD_24	2	75,50	37,0	68,6	0,614	16,8	52,84	4,56	14,01	12,9	29,9	10,0	90
5428		3	75,90	33,0	69,5	0,612	23,1	49,23	4,57	12,93	12,9	29,7	9,8	92
5429		1	75,20	30,0	68,8	0,666	34,7	50,73	5,09	13,94	12,7	28,0	10,3	95
5430	PD_25	2	76,00	32,0	68,7	0,657	30,2	48,80	4,80	13,16	12,3	26,7	8,9	95
5431		3	76,20	32,0	68,7	0,709	29,6	50,94	4,83	13,95	11,6	26,1	8,5	96
5432		1	74,30	30,0	67,4	0,687	38,1	50,08	5,10	13,73	12,8	28,0	9,5	97
5433	PB_27	2	75,60	32,0	68,6	0,691	33,1	51,35	4,85	14,08	12,8	28,0	9,3	96
5434		3	76,20	32,0	68,0	0,738	31,0	51,10	5,00	14,18	11,8	25,7	8,5	98
5435		1	78,80	38,0	66,1	0,682	46,5	48,76	5,19	13,36	12,8	30,7	10,1	72
5436	PB_28	2	78,00	38,0	67,7	0,697	43,9	50,12	5,08	13,84	12,7	28,9	9,5	71
5437		3	78,20	35,0	68,8	0,726	46,0	49,48	5,14	13,69	12,6	29,7	9,5	85

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	ALVEOGRAMA						MIXOGRAMA						SEDIMENTACIÓN SRC (%)					
			P mm	L mm	W 10 <sup>-4</sup> J	P/L	Ie %	W 40 10 <sup>-4</sup> J	T D (min)	ALP. (%)	AnP (%)	A8M (%)	AREAP	SRCA (%)	SRCL (%)	SRCC (%)	SRCS (%)	RELSRC		
5375	PD_1	1	50	144	195	0,35	52,1	83	41,14	23,26	18,85	169	56,04	97,75	68,49	86,06	0,63			
5376		2	47	182	217	0,26	52,9	78	44,08	27,00	19,26	160	57,43	107,05	67,85	89,09	0,68			
5377		3	48	135	186	0,36	53,7	81	42,44	24,82	18,27	155	54,50	104,57	68,27	85,93	0,68			
5378	PB_2	1	41	111	157	0,37	61,1	74	33,85	19,84	18,94	234	51,01	119,05	70,78	91,01	0,74			
5379		2	45	86	140	0,52	59,7	79	39,83	29,48	21,43	188	51,98	126,49	72,57	96,29	0,75			
5380		3	41	98	142	0,42	60,5	72	37,33	21,44	20,17	197	51,60	117,98	70,15	90,02	0,74			
5381	PD_3	1	58	129	237	0,45	58,2	100	39,47	26,74	21,58	217	55,82	111,35	69,19	89,70	0,70			
5382		2	57	122	221	0,47	57,9	99	42,04	26,27	21,33	202	55,50	117,23	70,14	89,73	0,73			
5383		3	59	133	247	0,44	58,6	102	42,17	31,49	19,68	177	58,63	123,46	71,95	91,54	0,76			
5384	PD_4	1	49	143	208	0,34	56,8	84	39,38	23,51	21,00	197	56,97	106,92	67,70	84,79	0,70			
5385		2	50	145	218	0,34	57,5	86	42,38	24,63	26,61	182	59,21	122,96	65,89	88,18	0,80			
5386		3	40	139	156	0,29	52,5	67	37,83	19,49	17,20	189	57,26	98,06	66,54	81,80	0,66			
5387	PD_6	1	52	140	216	0,37	55,7	88	41,86	24,54	21,54	186	55,57	103,62	71,66	85,60	0,66			
5388		2	55	136	216	0,40	53,6	92	40,66	23,74	19,36	182	55,68	101,61	70,43	86,02	0,65			
5389		3	55	160	254	0,34	56,6	94	48,10	41,33	36,14	161	55,56	114,21	68,29	92,49	0,71			
5390	PD_7	1	45	154	193	0,29	53,1	74	44,84	31,56	28,75	183	52,12	115,61	67,95	86,45	0,75			
5391		2	46	161	197	0,29	52,4	77	42,51	27,40	20,92	156	53,21	105,96	66,91	86,37	0,69			
5392		3	48	143	193	0,34	53,1	80	41,11	28,69	21,89	197	55,01	109,81	66,65	85,75	0,72			
5393	PD_8	1	41	85	133	0,48	62,3	76	37,77	24,40	18,29	143	50,14	120,57	73,35	91,58	0,73			
5394		2	37	67	96	0,55	57,7	66	35,56	21,55	14,09	169	46,81	116,84	67,54	90,01	0,74			
5395		3	37	73	86	0,51	47,3	60	34,89	23,00	15,06	134	49,63	114,02	66,63	86,37	0,75			
5396	PB_9	1	46	92	142	0,50	55,0	79	36,05	20,31	17,15	204	51,26	128,35	68,74	88,28	0,82			
5397		2	38	75	99	0,51	53,0	65	36,92	28,36	18,24	176	50,62	116,85	67,53	91,97	0,73			
5398		3	34	132	131	0,26	53,5	58	37,82	20,36	20,84	165	47,41	117,03	67,51	86,36	0,76			
5399	BPD_10	1	86	81	284	1,06	67,4	155	49,58	48,32	51,74	345	63,62	116,18	73,97	90,93	0,70			
5400		2	89	81	303	1,10	70,0	164	48,80	44,88	42,81	403	60,85	99,48	76,39	90,68	0,60			
5401		3	83	130	396	0,64	65,2	148	43,91	52,73	46,38	247	61,38	100,73	78,27	92,75	0,59			
5402	BPD_11	1	82	111	348	0,74	66,6	147	52,60	40,44	42,49	319	60,67	103,68	77,77	91,65	0,61			
5403		2	81	91	281	0,89	63,2	143	50,78	44,40	42,50	312	60,89	106,97	76,85	91,33	0,64			
5404		3	81	104	323	0,78	65,9	145	49,51	46,09	55,85	323	66,46	92,61	75,68	97,70	0,53			
5405	BPD_12	1	73	150	333	0,49	59,1	126	47,32	30,62	22,72	214	60,42	112,68	84,57	95,90	0,62			
5406		2	78	130	343	0,60	63,3	137	50,16	38,17	29,01	214	61,36	116,72	72,62	97,66	0,69			
5407		3	164	45	333	3,54	71,5	299	54,02	42,47	32,08	228	56,94	130,99	74,01	102,32	0,74			

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	ALVEOGRAMA					MIXOGRAMA					SEDIMENTACIÓN SRC (%)				
			P mm	L mm	W 10 <sup>-4</sup> J	P/L	Ie %	W 40 10 <sup>-4</sup> J	T D min	ALP. (%)	AnP (%)	A8M (%)	AREAP	SRCA (%)	SRCL (%)	SRCC (%)	SRCS (%)
5408		1	73	102	287	0,72	66,1	132	43,06	29,99	45,50	355	54,93	133,42	78,22	105,44	0,73
5409	BPB_13	2	64	127	298	0,50	65,4	115	46,36	32,39	32,25	272	54,01	130,13	80,96	104,44	0,70
5410		3	77	89	288	0,87	70,9	143	43,19	29,64	35,69	324	52,47	134,32	74,62	100,78	0,77
5411		1	68	100	280	0,68	71,0	126	50,46	43,16	62,39	310	52,80	136,89	67,71	97,23	0,83
5412	BPB_14	2	72	113	337	0,64	72,1	135	49,03	39,89	37,28	286	52,84	133,83	73,61	98,55	0,78
5413		3	65	100	272	0,65	71,6	121	50,03	40,52	58,68	302	50,94	137,87	64,98	98,18	0,84
5414		1	63	97	251	0,65	69,8	116	46,35	32,83	29,46	385	51,88	142,91	64,76	97,92	0,88
5415	BPB_15	2	66	113	300	0,58	70,6	122	48,13	32,81	59,30	328	52,29	138,77	68,53	102,37	0,81
5416		3	60	114	277	0,53	70,2	111	45,86	34,25	42,06	332	51,93	136,84	66,20	98,64	0,83
5417		1	58	57	143	1,02	66,9	106	45,67	39,40	28,05	394	53,08	129,04	64,90	107,77	0,75
5418	BPB_16	2	64	84	231	0,76	71,7	120	41,92	28,68	15,27	427	51,54	132,33	67,50	108,31	0,75
5419		3	58	76	185	0,76	69,6	107	46,17	33,84	41,34	356	52,00	129,95	68,53	114,19	0,71
5420		1	89	93	350	0,96	72,9	166	52,71	40,75	59,33	346	62,41	114,65	70,29	103,97	0,66
5421	BPD_21	2	93	98	383	0,95	73,8	174	52,37	47,01	49,62	358	64,64	107,04	71,80	92,12	0,65
5422		3	96	94	379	1,02	72,3	179	49,79	37,21	52,58	344	64,41	106,06	71,39	89,91	0,66
5423		1	35	132	145	0,27	57,9	62	36,60	22,65	17,40	178	48,98	119,60	67,28	83,54	0,79
5424	PB_23	2	37	135	153	0,27	56,4	65	37,89	19,83	15,49	156	48,98	120,11	69,65	87,06	0,77
5425		3	34	115	126	0,30	57,0	60	41,75	26,38	20,21	165	46,36	116,79	70,22	84,25	0,76
5426		1	50	179	226	0,28	52,1	82	46,80	28,04	21,22	164	53,86	107,77	62,89	104,15	0,65
5427	PD_24	2	50	167	209	0,30	50,3	81	46,34	25,02	23,64	146	56,68	113,89	66,67	87,83	0,74
5428		3	50	123	182	0,41	54,0	86	44,43	26,74	22,52	147	52,35	111,89	63,68	87,40	0,74
5429		1	65	108	235	0,60	58,9	113	46,80	52,06	24,11	167	55,17	106,98	65,45	86,46	0,70
5430	PD_25	2	57	137	237	0,42	57,6	98	44,14	34,43	26,19	165	55,20	102,69	66,91	85,23	0,67
5431		3	52	117	181	0,44	52,9	87	39,86	24,37	21,03	203	53,96	93,57	66,89	86,09	0,61
5432		1	65	122	252	0,53	58,7	113	43,54	30,96	28,46	197	57,82	106,54	65,93	88,70	0,69
5433	PB_27	2	58	131	232	0,44	57,6	100	44,59	38,19	25,77	150	55,63	108,75	66,23	84,98	0,72
5434		3	56	94	177	0,60	56,4	98	42,75	40,47	20,16	151	55,25	101,61	68,14	82,55	0,67
5435		1	45	98	132	0,46	49,4	75	45,04	28,68	6,41	127	57,55	81,65	67,33	87,72	0,53
5436	PB_28	2	52	122	160	0,43	45,6	82	43,65	30,26	5,60	129	57,78	80,75	67,24	89,18	0,52
5437		3	44	156	152	0,28	44,1	69	46,90	31,44	6,92	132	57,33	76,08	66,39	87,78	0,49

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	RVA					
			VISC MAX (RVU)	VISC MEDIA (RVU)	VISC FINAL (RVU)	BDOWN (RVU)	SET BACK (RVU)	TPASTING (°C)
5375	PD_1	1	2848	1452	2809	1396	1357	68,45
5376		2	2873	1432	2934	1441	1502	68,55
5377		3	2810	1646	2665	1164	1019	69,35
5378	PB_2	1	3225	1803	2973	1422	1170	84,90
5379		2	3197	1877	2982	1320	1105	86,60
5380		3	3267	1879	3085	1388	1206	85,75
5381	PD_3	1	2907	1812	2848	1095	1036	69,35
5382		2	2648	1426	2502	1222	1076	68,55
5383		3	2460	1273	2231	1187	958	69,40
5384	PD_4	1	2974	1781	2871	1193	1090	69,40
5385		2	2835	1844	2877	991	1033	69,35
5386		3	3055	1812	2914	1243	1102	69,40
5387	PD_6	1	2873	1613	2701	1260	1088	69,40
5388		2	2805	1499	2601	1306	1102	68,60
5389		3	2822	1710	2744	1112	1034	69,35
5390	PD_7	1	2510	1380	2785	1130	1405	66,05
5391		2	2599	1638	2959	961	1321	87,30
5392		3	2744	1736	2990	1008	1854	87,30
5393	PD_8	1	2994	1708	2768	1286	1060	85,70
5394		2	3115	1819	2906	1296	1087	85,00
5395		3	3293	1967	3082	1326	1115	85,75
5396	PB_9	1	3178	1784	2934	1394	1150	84,85
5397		2	3279	2067	3182	1212	1115	85,70
5398		3	3221	1809	2961	1412	1152	84,90
5399	BPD_10	1	2665	1783	2984	882	1201	87,35
5400		2	2644	1678	3042	966	1364	86,55
5401		3	2600	1609	2946	991	1337	86,55
5402	BPD_11	1	2604	1719	2951	885	1232	87,30
5403		2	2671	1693	3000	978	1307	86,50
5404		3	2730	1762	3049	968	1287	86,45
5405	BPD_12	1	2051	1377	2494	674	1117	88,10
5406		2	2409	1613	2913	796	1300	88,20
5407		3	2241	1455	2718	786	1263	88,20

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	RVA					
			VISC MAX (RVU)	VISC MEDIA (RVU)	VISC FINAL (RVU)	BDOWN (RVU)	SET BACK (RVU)	TPASTING (°C)
5408	BPB_13	1	2654	1626	2950	1028	1324	86,55
5409		2	2465	1408	2692	1057	1284	86,45
5410		3	2651	1596	2933	1055	1337	86,50
5411	BPB_14	1	2446	1630	2835	816	1205	88,15
5412		2	2229	1330	2537	899	1207	86,50
5413		3	2628	1707	2996	921	1289	88,95
5414	BPB_15	1	2392	1455	2685	937	1230	88,05
5415		2	2284	1270	2582	1014	1312	87,35
5416		3	2457	1461	2763	996	1302	88,15
5417	BPB_16	1	2994	1805	3204	1189	1399	86,45
5418		2	3028	1810	3271	1218	1461	87,25
5419		3	3102	1921	3296	1181	1375	88,10
5420	BPD_21	1	2572	1631	2983	941	1352	67,60
5421		2	2619	1637	3106	982	1469	67,85
5422		3	2484	1563	2986	921	1423	67,65
5423	PB_23	1	3390	1934	3147	1456	1213	85,65
5424		2	3029	1703	2838	1326	1135	85,75
5425		3	3156	1781	2950	1375	1169	84,90
5426	PD_24	1	2785	1612	2729	1173	1117	67,60
5427		2	2734	1512	2851	1222	1339	68,40
5428		3	2624	1375	2730	1249	1355	68,50
5429	PD_25	1	3010	1855	3018	1155	1163	69,30
5430		2	3056	1772	2971	1284	1199	67,65
5431		3	3072	1924	3084	1148	1160	68,60
5432	PB_27	1	2969	1748	2902	1221	1154	68,50
5433		2	2994	1656	2808	1338	1152	64,20
5434		3	2998	1736	2919	1262	1183	67,85
5435	PB_28	1	2805	1723	2765	1082	1042	69,30
5436		2	2858	1762	2818	1096	1056	70,25
5437		3	2919	1751	2846	1168	1095	69,30

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	GALLETITAS DULCES						CRACKERS					
			DG (cm)	CF	Aspecto Exterior	Color Galleta	P10 (g)	LC (cm)	ANC (cm)	A10 (cm)	MED/A10 (cm/g)	A10/P10 (cm/g)	MED/P10 (cm/g)	
5375		1	5,5	5,4	R	Crema Oscuro	70,40	5,70	6,00	7,90	0,74	0,11	0,08	
5376	PD_1	2	5,5	5,4	B	Crema	69,90	5,50	5,90	8,00	0,71	0,11	0,08	
5377		3	5,6	5,6	B	Crema Oscuro	69,40	5,50	6,30	7,80	0,76	0,11	0,09	
5378		1	6,2	7,1	B-MB	Café Claro	66,40	5,80	6,20	8,40	0,71	0,13	0,09	
5379	PB_2	2	6,0	6,9	B	Crema	64,00	5,90	6,20	8,40	0,72	0,13	0,09	
5380		3	6,1	6,9	B	Café Claro	61,60	5,50	6,20	7,90	0,74	0,13	0,09	
5381		1	5,6	5,6	R	Crema Oscuro	71,40	5,40	6,10	7,60	0,76	0,11	0,08	
5382	PD_3	2	5,5	5,4	R	Crema	70,50	5,60	6,00	8,30	0,70	0,12	0,08	
5383		3	5,5	5,4	R	Crema	76,00	5,80	6,00	8,20	0,72	0,11	0,08	
5384		1	5,7	5,7	B	Crema	71,00	5,50	6,20	7,00	0,84	0,10	0,08	
5385	PD_4	2	5,5	5,5	B	Crema	71,20	5,60	6,10	8,10	0,72	0,11	0,08	
5386		3	5,7	6,0	B	Crema	61,90	5,50	6,00	7,10	0,81	0,11	0,09	
5387		1	5,5	5,5	R	Crema	76,40	5,40	6,10	8,80	0,65	0,12	0,08	
5388	PD_6	2	5,6	5,4	R	Crema	68,80	5,50	5,90	8,00	0,71	0,12	0,08	
5389		3	5,4	5,2	R	Crema	71,60	5,70	6,00	8,60	0,68	0,12	0,08	
5390		1	5,7	5,9	B	Crema	72,70	5,90	5,90	7,80	0,76	0,11	0,08	
5391	PD_7	2	5,8	5,7	B	Crema Oscuro	62,50	5,60	6,20	7,80	0,76	0,12	0,09	
5392		3	5,8	5,7	B	Crema	66,10	5,60	6,10	7,10	0,82	0,11	0,09	
5393		1	6,0	6,3	B-MB	Crema Oscuro	64,60	5,80	6,00	7,50	0,79	0,12	0,09	
5394	PD_8	2	6,4	7,9	MB	Crema	63,40	5,90	6,00	7,00	0,85	0,11	0,09	
5395		3	6,2	7,1	MB	Crema Oscuro	61,50	5,75	6,00	8,00	0,73	0,13	0,10	
5396		1	6,3	7,9	MB	Crema	57,70	5,65	5,80	7,60	0,75	0,13	0,10	
5397	PB_9	2	6,2	6,7	MB	Crema Oscuro	56,60	5,60	6,00	7,40	0,78	0,13	0,10	
5398		3	6,2	7,1	MB	Café Claro	59,60	5,70	5,90	7,50	0,77	0,13	0,10	
5399		1	5,5	5,4	R	Crema	94,40	5,70	5,90	6,60	0,88	0,07	0,06	
5400	BPD_10	2	5,3	4,8	M	Crema Oscuro	94,60	5,90	6,10	8,80	0,68	0,09	0,06	
5401		3	5,4	5,2	R	Crema Oscuro	81,80	5,40	5,85	7,00	0,80	0,09	0,07	
5402		1	5,4	5,4	R	Crema	96,40	5,80	5,90	8,20	0,71	0,09	0,06	
5403	BPD_11	2	5,4	5,1	M	Crema	101,20	5,70	6,10	7,80	0,76	0,08	0,06	
5404		3	5,4	5,3	R	Crema	90,50	5,80	6,30	7,20	0,84	0,08	0,07	
5405		1	5,3	4,8	M	Crema	88,70	5,80	6,00	8,40	0,70	0,09	0,07	
5406	BPD_12	2	5,3	5,2	M	Crema	-	-	-	-	-	-	-	
5407		3	5,4	5,2	M	Crema	99,80	5,60	6,10	7,00	0,84	0,07	0,06	

N° ENT. LAB.	LINEA	REP.	GALLETITAS DULCES					CRACKERS						
			DG (cm)	CF	Aspecto Exterior	Color Galleta	P10 (g)	LC (cm)	ANC (cm)	A10 (cm)	MED/A10 (cm/g)	A10/P10 (cm/g)	MED/P10 (cm/g)	
5408		1	5,60	5,30	B	Crema	95,20	6,20	6,20	8,40	0,74	0,09	0,07	
5409	BPB_13	2	5,40	4,90	B	Crema	97,50	5,90	6,10	9,00	0,67	0,09	0,06	
5410		3	5,70	5,40	B	Crema	88,60	5,50	6,20	8,00	0,73	0,09	0,07	
5411		1	5,80	5,60	MB	Crema Oscuro	86,00	5,80	6,20	8,40	0,71	0,10	0,07	
5412	BPB_14	2	5,70	5,40	MB	Crema Oscuro	95,30	6,10	6,30	9,10	0,68	0,10	0,07	
5413		3	6,00	5,90	MB	Crema Oscuro	97,40	5,60	6,00	6,40	0,91	0,07	0,06	
5414		1	5,80	5,70	B	Crema	80,00	5,50	6,00	8,00	0,72	0,10	0,07	
5415	BPB_15	2	5,70	5,30	R	Crema Oscuro	96,40	5,70	6,40	7,60	0,80	0,08	0,06	
5416		3	5,50	5,20	B	Crema	94,60	5,90	6,10	8,60	0,70	0,09	0,06	
5417		1	5,70	5,70	B	Crema Oscuro	95,20	6,00	6,20	6,60	0,92	0,07	0,06	
5418	BPB_16	2	5,90	6,20	B-MB	Crema	93,40	6,10	6,20	7,40	0,83	0,08	0,07	
5419		3	5,80	6,00	B-MB	Crema	94,80	5,90	6,20	8,20	0,74	0,09	0,06	
5420		1	5,40	5,00	M	Crema	102,80	5,80	6,30	6,20	0,98	0,06	0,06	
5421	BPD_21	2	5,20	5,10	M	Crema	105,40	5,80	6,10	7,60	0,78	0,07	0,06	
5422		3	5,50	5,20	M	Crema	99,20	5,50	6,10	7,40	0,78	0,07	0,06	
5423		1	6,30	6,60	MB	Crema Oscuro	61,90	5,80	6,00	8,20	0,72	0,13	0,10	
5424	PB_23	2	6,30	7,00	MB	Crema Oscuro	63,40	5,60	6,00	7,90	0,73	0,12	0,09	
5425		3	6,40	6,10	MB	Crema Oscuro	61,30	5,60	5,90	8,40	0,68	0,14	0,09	
5426		1	5,80	5,40	MB	Crema	63,80	5,60	5,90	8,30	0,69	0,13	0,09	
5427	PD_24	2	5,60	4,00	B	Crema	69,90	5,70	6,00	8,90	0,66	0,13	0,08	
5428		3	5,60	5,50	B-MB	Crema Oscuro	68,00	5,80	6,20	7,90	0,76	0,12	0,09	
5429		1	5,70	5,20	B	Crema Oscuro	77,70	5,70	6,20	7,90	0,75	0,10	0,08	
5430	PD_25	2	5,60	5,40	B	Crema Oscuro	69,60	5,60	5,90	8,00	0,72	0,11	0,08	
5431		3	5,90	5,50	B	Crema Oscuro	60,40	5,70	5,80	7,80	0,74	0,13	0,10	
5432		1	5,80	5,30	B	Crema	68,20	5,35	6,20	8,00	0,72	0,12	0,08	
5433	PB_27	2	5,70	5,40	B	Crema	73,80	5,90	6,10	7,40	0,81	0,10	0,08	
5434		3	5,80	5,70	B-MB	Crema Oscuro	64,80	5,80	6,10	7,00	0,85	0,11	0,09	
5435		1	5,70	5,30	B	Crema Oscuro	54,3	5,40	6,00	6,60	0,86	0,12	0,10	
5436	PB_28	2	5,80	5,40	B	Crema Oscuro	54,3	5,50	6,00	6,00	0,96	0,11	0,11	
5437		3	5,70	5,40	B	Crema Oscuro	54,5	5,60	6,00	6,60	0,88	0,12	0,11	

## **ANEXO 2**

### **CARACTERIZACION MOLECULAR**

**Caracterización molecular en base a la constitución de subunidades de  
HMW-GS y Puroindolinas**

LINEA	CARACTERIZACION MOLECULAR				
	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	Pina-D1/Pinb-D1	Textura
PD_1	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PB_2	Nulo	7+9	5+10	aa	Blando
PD_3	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PD_4	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PD_6	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PD_7	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PD_8	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PB_9	Nulo	7+9	5+10	aa	Blando
BPD_10	2*	7oe+8	5+10	ab	Duro
BPD_11	2*	7oe+8	5+10	ab	Duro
BPD_12	2*	7oe+8	5+10	ab	Duro
BPB_13	2*	7oe+8	5+10	aa	Blando
BPB_14	2*	7oe+8	5+10	aa	Blando
BPB_15	2*	7oe+8	5+10	aa	Blando
BPB_16	2*	7oe+8	5+10	aa	Blando
BPD_21	2*	7oe+8	5+10	ab	Duro
PB_23	Nulo	7+9	5+10	aa	Blando
PD_24	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PD_25	Nulo	7+9	5+10	ab	Duro
PB_27	Nulo	7+9	5+10	aa	Blando
PB_28	Nulo	7+9	5+10	aa	Blando