



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Área de Consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos



**Calidad de harinas, un factor
que decide la siembra de
trigo en la región central de
Córdoba.**

Autoras

Mónica Olivo

Tutor

Biól. Gabriela Pérez

2015

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora, la Dra. Gabriela Pérez quien me dio su guía, apoyo y el espacio para poder trabajar junto a ella y su equipo de trabajo, a la Dra. Lorena Scirianni y al profesor Gabriel Manera quienes me acompañaron en la elaboración del trabajo, les agradezco sus aportes, sugerencias y tiempo de dedicación, también al Ing. Pablo Mansilla quien me guio en la realización de los análisis de laboratorio y al profesor Ricardo Maich, quien aportó el material de trabajo, sus conocimientos y su interés en aportar en mi formación académica.

INDICE

Resumen.....	6
Introducción.....	7
1.Características generales	8
2.Cadena agroalimentaria del trigo.	9
3.El trigo en el contexto internacional.....	11
Argentina como productora de trigo	12
Comercio exterior de Trigo	13
Exportaciones.....	13
Importaciones	14
Clasificación de los trigos	155
4.Zonas de producción en la Argentina.....	15
5.Destino de la producción	16
6.Obtención de harinas y otros productos.....	17
1-Recepción y almacenamiento del grano.....	17
2- Análisis y clasificación del trigo.....	18
7. Proceso de Molienda.....	21
Productos de la molienda del trigo	22
Diagrama integrado del proceso desde el ingreso del trigo hasta la obtención de productos y subproductos de la molienda.....	25
Gliadinas y gluteninas	26
TEST PREDICTIVOS DE CALIDAD.....	27
<i>ENSAYOS REOLÓGICOS SOBRE LA MASA</i>	<i>27</i>
<i>MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL ALMIDÓN: ANALIZADOR RÁPIDO DE VISCOSIDAD (RVA)</i>	<i>29</i>
Explicación del proceso	29
8. Panificación y etapas de elaboración del pan.....	29
<i>Proceso de panificación</i>	<i>31</i>
Etapas de elaboración del pan	31
Mezclado de los ingredientes y amasado	31
Fermentación	32
Etapas en la fermentación	32
Moldeado y cocción de las piezas panarias (sacar lo remarcado)	33
Horneado.....	33

Enfriamiento.....	33
9. Calidad Panadera.....	34
Estudio análisis de caso: Calidad de harinas, un factor que decide la siembra de trigo en la región central de Córdoba.	35
Objetivos	35
Análisis del negocio.....	36
Consideraciones finales.....	43
Bibliografía	44
Anexos.....	47

FIGURAS

Figura 1. Espigas de trigo.	8
Figura 2. Representación de la Cadena Agroalimentaria del Trigo.....	10
Figura 3. Principales Países Productores de Trigo.....	12
Figura 4. Evolución del rendimiento, área sembrada y producción de trigo en Argentina	13
Figura 5. Principales zonas de producción de trigo en Argentina.....	16
Figura 6. Cadena de transformación del trigo.....	17
Figura 7. a) Recepción del trigo. b) descarga del cereal. c) toma de muestra y análisis.....	18
Figura 8. Instrumentos para evaluar la calidad del grano.....	18
Figura 9. Instrumentos para evaluar calidad de harina.	19
Figura 10. Limpiadora de dos tamices con aspiración frontal.	20
Figura 11. a) proceso de limpieza. b) Acondicionado del trigo.....	21
Figura 12. Sistema de molienda	21
Figura 13. a) Sistema de reducción de tamaño. b) Envasado de harina en bolsas de 50 Kg.	22
Figura 14. Productos y subproductos del procesado de trigo.	22
Figura 15. Diagrama completo del proceso de obtención de harinas de trigo y subproductos.	25
Figura 16. Esquema de las proteínas de reserva del Trigo.....	26
Figura 17. Alveograma en curso.....	28
Figura 18. Ensayo de compresión (TPA) en curso	28
Figura 19. Instrumento analizador RVA.	29
Figura 20. Curva de pasta del almidón.....	30
Figura 21. Mezcla de ingredientes	32
Figura 22. Alvéolos de variado tamaño en pan artesanal y pan industrial.....	34
Figura 23. Parámetros y curva de RVA.....	36

TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las harinas de acuerdo a los valores máx. de H y cenizas y el mínimo de absorción de agua.	24
Tabla 2. Resultados Obtenidos de RVA, analizados con INFOSTAT.	37
Tabla 3. Contenido de proteínas en los diferentes ciclos de selección, en siembra directa	37
Tabla 4. Rendimientos para los diferentes ciclos de selección	38
Tabla 5. Valores de comparación para dos tipos de trigo, por rendimiento y porcentaje de proteína.	39
Tabla 6. Costos de producción de trigo	39
Tabla 7. Costos de comercialización en función a la distancia de destino de la mercadería.....	40
Tabla 8. Comparación de márgenes de diferentes trigos y rindes.....	41
Tabla 9. Márgenes brutos de diferentes variedades de trigo, común y mejorado.....	41

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el marco del Área de “Gestión de la calidad de los Agroalimentos” perteneciente al ciclo de Consolidación de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Córdoba.

El objetivo de este fue describir la cadena agroalimentaria del trigo y comprobar que es factible incorporarlo en las rotaciones, mejorando el rendimiento y la calidad del mismo.

En los últimos años, la selección de cultivares de trigo se enfocó en mejorar el rendimiento y la adaptación a diferentes ambientes, obteniendo cultivares con excelente performance, pero se deduce que esto fue en perjuicio de la calidad industrial de los mismos.

En la calidad de trigo inciden una serie de factores tales como su genética, efectos climáticos o del ambiente (temperatura, déficit hídrico), manejo del cultivo, etc. Toda práctica de manejo que favorezca el desarrollo y crecimiento del cultivo como fecha de siembra óptima, fertilización adecuada, buena condición hídrica, control de enfermedades, malezas e insectos y otros, y tendrá una asociación directa con el rendimiento.

En este trabajo se determina que es posible mejorar ambos parámetros; y es por esto que se propone la utilización de trigos mejorados, sabiendo que no solo posee ventajas agronómicas, sino que también tiene beneficios económicos para los productores.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la selección de cultivares de trigo se ha enfocado en mejorar el rendimiento y la adaptación a diferentes ambientes, obteniendo cultivares con excelente performance, pero este gran esmero ha perjudicado la calidad industrial de los mismos (García, F. y otros, 2003)

Al hablar de calidad nos referimos a un conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas. Es un concepto muy variable; ya que depende del criterio especificado con relación al mercado y la industria; también es dinámico y se modifica en el tiempo con los distintos usos y necesidades de cada región o país, que pueden cambiar de acuerdo a nuevos conocimientos o criterios de evaluación (Satore y otros, 2012).

Cadena agroalimentaria se define como el conjunto de actividades estrechamente interrelacionadas, verticalmente vinculadas por su pertenencia a un mismo producto (o productos similares) y cuya finalidad es satisfacer al consumidor y constituye una esquematización de la secuencia: producción -transformación - distribución - consumo. La cadena está constituida por todas las posibilidades de transformación, acondicionamiento, distribución y utilización de un producto agropecuario como alimento (Alimentos Argentinos, 1996)

Unas de las características resaltantes de la cadena del trigo es que todos los eslabones de la cadena generan valor económico. El productor agrícola lo hace cuando genera a partir de recursos naturales (tierra y agua) un producto como el trigo con importante valor de mercado, utilizando en el proceso productivo relativamente pocos insumos (fertilizantes, herbicidas, equipos de producción, etc.). La industria molinera, al transformar el trigo en productos que serán luego utilizados como insumos de otras industrias alimenticias o directamente por las familias cuando éstas deciden elaborar en casa sus propios alimentos. En esta transformación se requerirá de capital, mano de obra y también de tierra (lugar físico donde se emplaza la planta productiva); por el uso de estos factores se pagará una contraprestación, todo ello representa valor económico dentro de la cadena de valor del trigo. Finalmente, la industria de la pasta, de la panificación, de galletas, etc., transformará las harinas, las sémolas, las mezclas, en productos finales que luego las familias incorporarán en distintas proporciones según sus gustos y posibilidades en sus dietas de alimentación. En esta segunda transformación, también se requerirá de la concurrencia de todos los factores de la producción para lograr los productos de mayor valor (Muro Ventura, J. A. 2013).

1. Características generales

“Trigo” es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*. Todos ellos son plantas anuales de la familia de las gramíneas, y su cultivo se ha extendido por todo el mundo.

Es uno de los tres cereales más cultivados globalmente, junto al maíz y al arroz, y es uno de los más antiguos conocidos por el hombre (Gómez Pallarés y otros, 2007). La molienda de sus granos es un proceso aún más antiguo que la agricultura, ya que los granos de trigo recolectados eran triturados con piedras que hacían las veces de morteros. Su origen data en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates. Desde Oriente medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones principalmente a Europa y a las fértiles llanuras de la Rusia europea. Las colonizaciones anglosajona y española fueron las responsables de introducir el cultivo en América donde se expandió por las grandes llanuras del norte como la cuenca del Misisipi-Missouri, Grandes Llanos, y del sur, como la Llanura Pampeana (Evans y Peacock, 1981).

Actualmente se cultiva para ser destinado al consumo humano, y en menor cantidad para forrajes. El grano se utiliza para hacer harina blanca, harina integral, sémola y malta, así como una gran variedad de productos alimenticios derivados de estos, como pan, galletas, cerveza, whisky, pasta, cereales de desayuno, aperitivos, etc. En Europa, el trigo fue la principal fuente de almidón para la fabricación de papel y cartón hasta que se introdujo el cultivo del maíz (Gómez Pallarés y otros, 2007)



Figura 1. Espigas de trigo.

2. Cadena agroalimentaria del trigo.

La cadena de trigo comienza con una gran cantidad de productores agropecuarios que cultivan el cereal a lo largo de distintas regiones trigueras. Estos productores se articulan hacia atrás con los proveedores de insumos, y servicios (contratistas de servicio de siembra, aplicaciones fitosanitarios, cosecha, monitoreo, administración, contaduría, etc.), además, con entidades financieras (bancos) y de tecnología (Universidades, el INTA, empresas privadas, etc.). También con entidades en las que se nuclean los productores como son las Sociedades Rurales, cooperativas, cambio rural, grupos CREA, entre otras y con el Estado, que actúa como entidad reguladora, recaudadora, fiscalizadora (en todos los eslabones).

Hacia adelante, la cadena se vincula con empresas transportistas y acopios (privados y cooperativas), que prestan principalmente servicios de almacenaje y acondicionamiento de granos, y con corredores de cereales. Estos son los intermediarios entre la oferta y la demanda en la compraventa de granos, además aportan transparencia a las operaciones granarías.

El siguiente eslabón corresponde al industrial que está formado por dos grandes actores, el sector de la primera transformación, molinos harineros, y los de segunda transformación, industria de panificados. Según las estadísticas de la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA-organismo actualmente eliminado) se contaba en el año 2010 con 171 molinos harineros en todo el país, ubicados principalmente en las zonas productoras de trigo. Aproximadamente el 50% de los establecimientos se encuentra radicado en la provincia de Buenos Aires, 24% en Córdoba y 14% en Santa Fe. La industria molinera ha ido aumentando su grado de concentración en los últimos años (IERAL de Fundación Mediterránea, 2011). El 31% de los molinos era de tamaño micro (menos de 34 toneladas diarias), el 33% eran pequeños (entre 34 toneladas y 120 toneladas diarias), el 25% eran medianos (entre 120 toneladas y 360 toneladas diarias) y el 10% eran grandes (más de 360 toneladas diarias). Las industrias de segunda transformación, están conformadas por las panaderías, las fábricas de pastas, y las fábricas de galletitas y bizcochos. A su vez, dentro de la industria de panificados, el principal destino de la harina en Argentina, se destacan dos tipos de actividades: las panaderías artesanales y las panaderías industriales (panificadoras). Éstas últimas se articulan hacia atrás con molinos harineros e indirectamente con distribuidores mayoristas, así como con proveedores de insumos específicos.

La panadería artesanal se relaciona hacia adelante con el consumidor, y ambas indirectamente con los distribuidores (comercio mayoristas, hiper, supermercados o venta minorista).

La cadena productiva de trigo y sus derivados comerciales tienen diversas características de consumo tanto en cereal, harina, panadería y pastas. Una de las principales variables en la influencia del consumo se concentra en los diversos estratos sociales y las relaciones que se generan en los consumidores de estos productos. El consumo estará afectado por diversos factores como el ingreso de las familias, disponibilidad de bienes y servicios esenciales, información, entre otros. El aumento de adquirir trigo en sus derivados lo proporciona un incremento en la capacidad de compra de las familias (Muro Ventura, J. A. 2013). El consumo de

trigo y sus derivados los se agrupan en: consumo de trigo (Cereal), consumo de Harina, consumo de Panadería y consumo de Pastas.

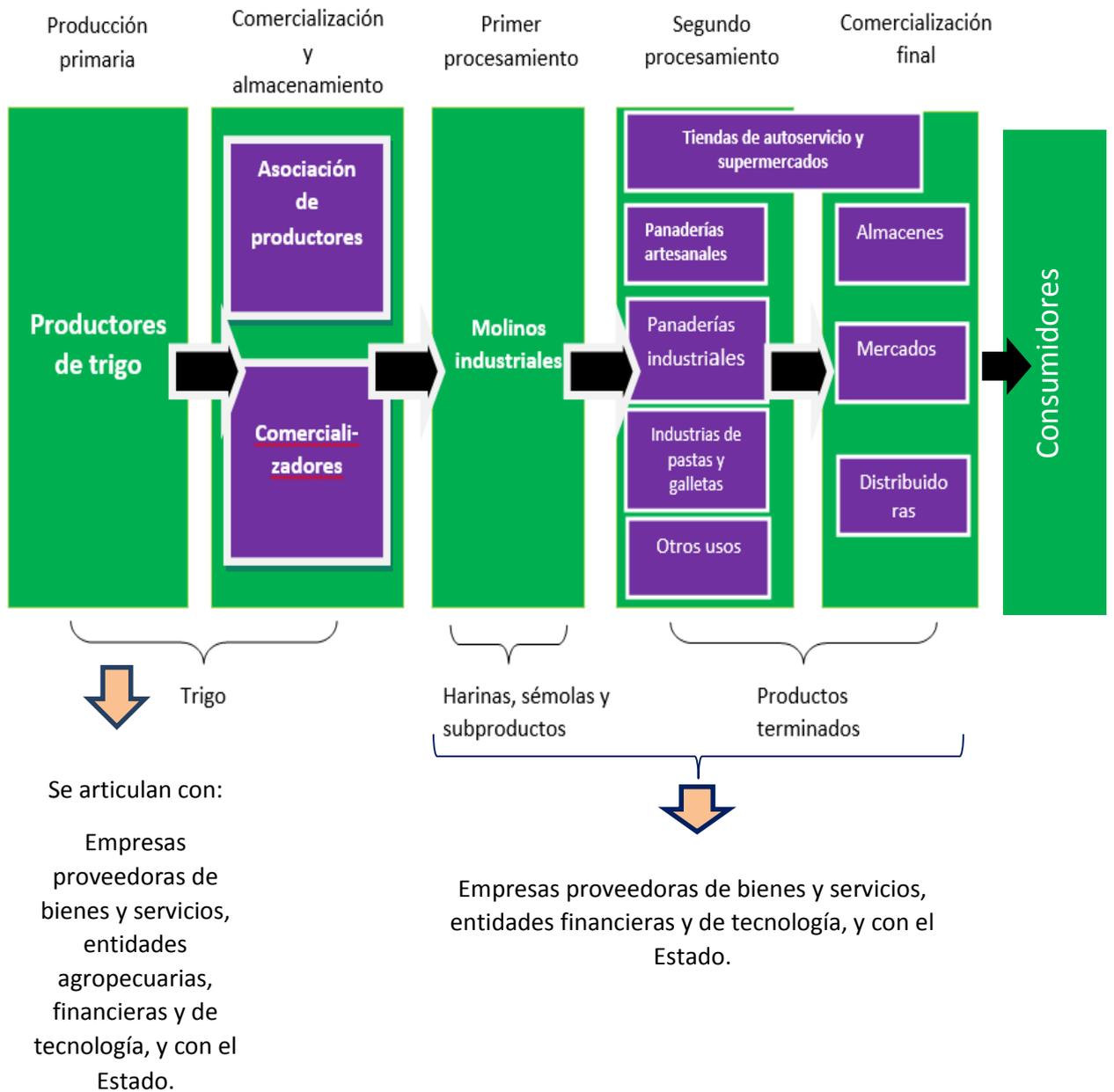


Figura 2. Representación de la Cadena Agroalimentaria del Trigo.

3. El trigo en el contexto internacional

Durante los últimos 10 años se han producido modificaciones en la estructura mundial de producción y comercio de trigo. En dicho período ha ido disminuyendo la superficie destinada al trigo en Norteamérica, China y la Región del Mar Negro. Las tierras desocupadas se destinan a otros cultivos alternativos (canola en Canadá, maíz y soja en EEUU, etc.), a prácticas de conservación (EE.UU.) o al desarrollo urbano (China). En EEUU, la superficie de trigo viene registrando una tendencia negativa desde 1981, y amplió las superficies destinadas a soja y maíz. En China, el área destinada a trigo ha descendido de 29 millones de hectáreas en 1995, a menos de 22 millones en la actualidad. Por otro lado, se ha ampliado la superficie destinada a trigo en el sur de Asia y en el Mercosur (con crecimientos en Brasil y Uruguay y mermas en la Argentina).

La competitividad de las exportaciones argentinas de trigo se ha basado en el bajo precio comparativo del cereal en los destinos extra-Mercosur (respecto de otros países oferentes) y no por la calidad del trigo exportado, la cual ha sido regular y poco uniforme. Por lo tanto, la forma en que se lleva a cabo la comercialización a nivel doméstico le quita competitividad exportadora al cereal. Por ello, los embarques originados en el país generan escasa confiabilidad. Las ventas al exterior se efectúan a precios menores de los que podrían obtenerse por un trigo de calidad uniforme o similar, acorde con las características intrínsecas de la producción. Por otra parte, hay que tener en cuenta el rol que ha jugado y juega el Mercosur (fundamentalmente el mercado brasileño) para las exportaciones de trigo argentino, al cual se destina más del 50% del volumen exportado. En dicho ámbito se aplica el Arancel Externo Común del 10,5%, instrumento que ha servido como un paraguas frente al ingreso de trigo del hemisferio norte. Pero en las últimas campañas y debido a las restricciones impuestas a las exportaciones de trigo argentino por parte de las autoridades nacionales, la participación de los envíos argentinos en las compras brasileñas se ha visto reducida a favor de otros orígenes, como EE.UU. Actualmente, los países de la ex - URSS mencionados más arriba representan un tercio de las exportaciones mundiales de trigo. En cuanto a la comercialización de harina de trigo, varios países en vías de desarrollo, como China, India, Malasia y los Emiratos Árabes, se han sumado, junto con Argentina, Turquía y Kazajstán, como exportadores de cantidades significativas de harina de trigo con cierta regularidad. En el caso de Argentina, el apoyo gubernamental se ha canalizado a través de un cuantioso “diferencial arancelario”, unido a un esquema de compensaciones al sector molinero (Rey Kelly, 2010).

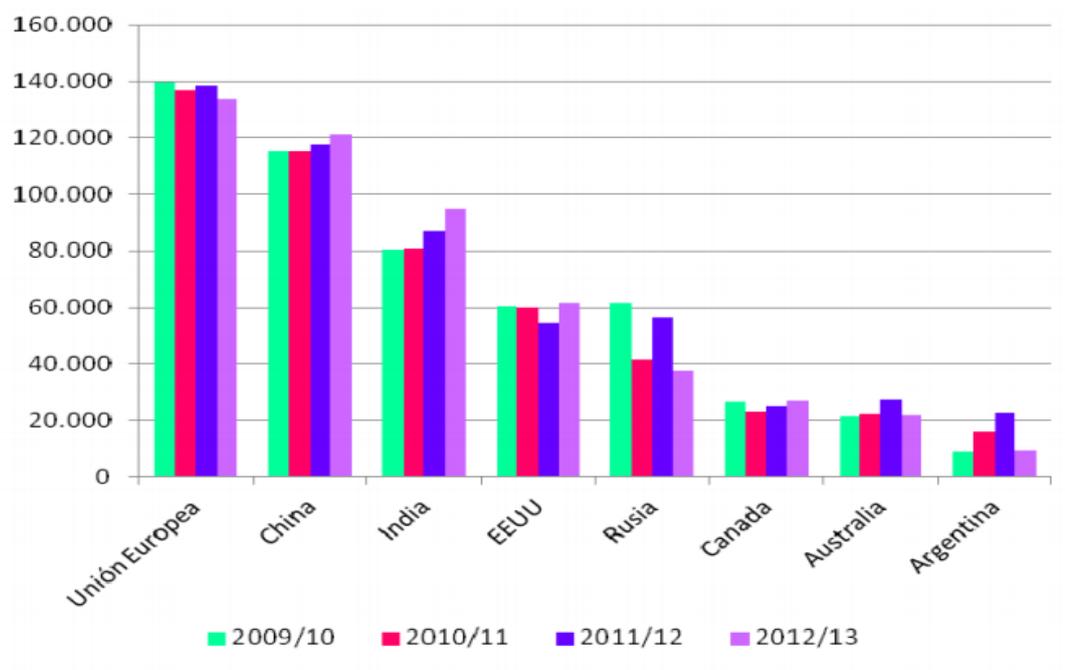


Figura 3. Principales Países Productores de Trigo, fuente FAO, 2014

Argentina como productora de trigo

Durante la década 2002 – 2011, la cadena alimentaria del trigo experimentó importantes cambios vinculados con decisiones de política económica, como fue la modificación de los derechos de exportación. También enfrentó modificaciones y desplazamientos de áreas de siembra, provocado por el avance de la soja, e incluso durante algunos ciclos padeció hechos climáticos desfavorables.

La producción de trigo pan promedio para las últimas campañas (2001-2011) ha sido de 13,3 millones de toneladas anuales. El área sembrada muestra una tendencia decreciente hacia el final del período (-38% aprox.), pero el rendimiento del cultivo en la campaña 2010/11 ha sido el más alto de la década (3.404 kg/ha).

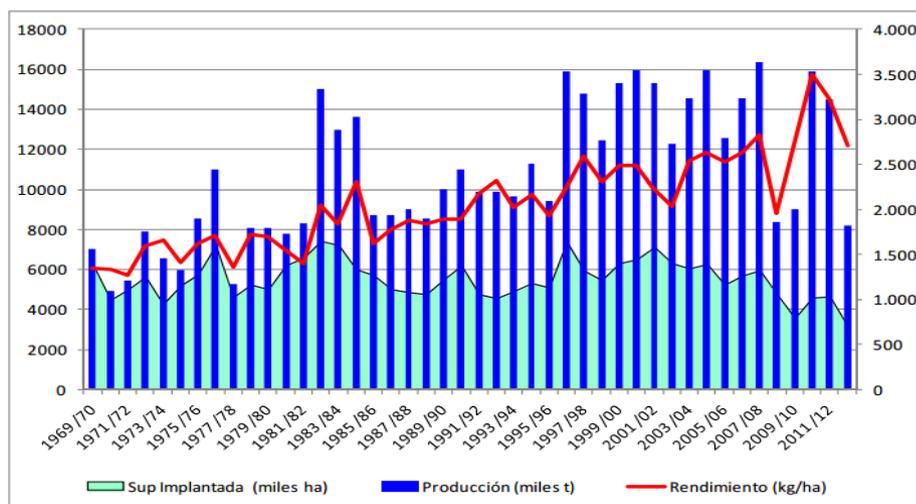


Figura 4. Evolución del rendimiento, área sembrada y producción de trigo en Argentina

Entre las campañas 1996/97 y 2000/01, la superficie implantada promedio fue de 6,3 millones de hectáreas; en el quinquenio siguiente fue de 6,2 millones de hectáreas y en el último, fue de 4,1 millones de hectáreas, el cual coincide con problemas climáticos (sequías) y mayores restricciones a la exportación (suba de derechos de exportación y licencias no automáticas). En nuestro país el trigo fue el producto que más terreno perdió con la introducción de la soja. Desde los 70 a la actualidad el área del cultivo ha disminuido en un 49% mientras que la producción se incrementó en un 59% aproximadamente gracias a los avances tecnológicos que permitieron un incremento en los rendimientos.

Comercio exterior de Trigo

El volumen de trigo exportado durante los años 2002 a 2010 superó ampliamente al importado, por lo que este commodity registra una balanza comercial superavitaria. Pero en los últimos 4 años (2010-2014) esta situación ha cambiado debido a las políticas gubernamentales implementadas como son la restricción de ROES verde o permisos para la exportación de este producto.

Exportaciones

La cantidad de trigo pan que anualmente exporta Argentina está condicionada por el volumen de la cosecha y los requerimientos del consumo interno, que se estiman año a año, estableciéndose a partir de ahí el volumen que puede ser exportado.

El principal destino de las exportaciones argentinas de trigo es, históricamente, Brasil. En 2010 la exportación a Brasil representó el 85,3% del volumen total exportado y el 85,6% de los ingresos de divisas en valor FOB.

En la actualidad, el trigo se comercializa bajo seis posiciones arancelarias que lo clasifican según su contenido de proteína, si se envasa o si se encuentra a granel. En el trienio 2009/2011 la Argentina exportó en promedio unas 6,0 millones de toneladas de trigo. El 80%

del trigo exportado por Argentina se exportó como grano, mientras que un 20% se exportó con algún grado de transformación.

Las exportaciones de trigo pan entre 2002 y 2005 mostraron una tendencia general creciente (exceptuando 2003, cuando la cosecha se vio afectada por una sequía). A partir de 2005 las ventas se fueron reduciendo paulatinamente hasta 2008, y más fuertemente en 2009. El saldo exportable se ha visto disminuido como consecuencia de una menor superficie destinada a la siembra del cereal y a condiciones climáticas adversas que afectaron los rendimientos.

Las exportaciones de trigo pan a Brasil de 2010 comparadas con las que se registraron en 2002, disminuyeron un 37,2% respecto al volumen. Hace ya varios años que nuestro socio y vecino se esfuerza para incrementar su propia producción triguera (Alimentos Argentinos, 2009). Actualmente, los aranceles a la exportación de dicho cereal es del 23%, pero, el 17 de marzo del corriente año, el gobierno nacional dispuso segmentar las retenciones a las exportaciones de cereales y oleaginosas, medida que beneficiará principalmente a 46 mil pequeños y medianos productores de soja, maíz, girasol y trigo, los cuales formarán parte de un programa de estímulo que contará con un fondo de reintegros. La segmentación de las retenciones apunta a establecer una escala de reducción de las alícuotas para aquellos ruralistas que produzcan hasta 700 toneladas. La devolución se realiza directamente en la cuenta bancaria de los productores (revista Súper Campo, 2015).

Importaciones

Las importaciones no tienen mucha significancia excepto en algunos años en los que se necesitó importar para cumplir con contratos de exportación como fue en el año 2010, que se importó trigo de Francia para cumplir con dichos contratos (Alimentos Argentinos, 2009).

Parámetros de calidad

En Argentina, el trigo pan se comercializa mediante la aplicación de la "Norma de Calidad para la Comercialización de Trigo Pan – NORMA XX TRIGO PAN" (Resolución de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos N° 1.262/04, modificada por otras dos Resoluciones: la 825/05 y la 603/06, aunque actualmente en vigencia en su totalidad). La norma establece tres grados de trigo pan: 1, 2 y 3, basada en el peso hectolitro, la proteína en grano, el rendimiento en harina, cenizas, gluten húmedo, estabilidad farinográfica y volumen de pan y principalmente en la fuerza panadera a través del W alveográfico (Miranda, 2001). El grupo 1 está compuesto por trigos correctores aptos para panificación industrial ($340 < W < 600$); el grupo 2, compuesto por trigos para panificación tradicional, más de 8 h de fermentación (W entre 240 y 340); y el grupo 3, por trigos aptos para panificación directa, menos de 8 h de fermentación (W entre 180 y 240). (Cuniberti, 2004).

Clasificación de los trigos

✚ Según la textura del endospermo:

Trigos duros: en estos, durante la molienda, el endospermo se fragmenta siguiendo las líneas que limitan las células, produciendo harina gruesa, arenosa, y fácil de cerner, compuestos por partículas de forma regular. Generan mayor proporción de gránulos de almidón dañado durante la molienda, ya que ofrecen mayor resistencia a la compresión. Esto tiene un impacto sobre la calidad de la harina ya que el almidón dañado absorbe más agua que el almidón nativo.

Trigos blandos: en este tipo de trigos, la fragmentación es de forma imprevista, al azar; producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo, se ciernen con dificultad. La dureza “física” de los granos se define como la resistencia al aplastamiento, a la fragmentación o reducción. Es una característica molinera.

✚ En función de su fuerza:

Trigos fuertes: poseen elevado contenido en proteínas y es capaz de dar panes de gran volumen con miga de estructura adecuada.

Trigos débiles: se caracterizan por su bajo contenido en proteínas. Son capaces de dar panes de poco volumen (Charro, 2009). En Argentina se producen, fundamentalmente, dos especies diferentes para la industria molinera, *Triticum aestivum* o trigo pan y *Triticum durum* o trigo fideos.

Dentro de la especie *Triticum aestivum*, se encuentran trigos duros y blandos. Los trigos duros o para pan son aquellos que permiten una buena separación de sus componentes, haciéndolos aptos para la elaboración de pan. Además de ser duros, deben tener un alto porcentaje de proteínas, para favorecer la formación de una red de gluten firme, y poseer una actividad enzimática que favorezca la fermentación y panificación correspondiente. Por otro lado, los trigos blandos, se adaptan más para la elaboración de tortas y galletas dulces, pero no deben poseer almidón dañado, tener un bajo porcentaje de proteínas, y un gluten que no desarrolle una red fuerte.

El *Triticum durum* o trigo fideos no es apto para panificación debido a la baja extensibilidad, la alta tenacidad de la masa que forma pero son ideales para elaboración de pastas.

4. Zonas de producción en la Argentina

El cultivo se realiza entre 30-40° de latitud sur y 57-68° de longitud oeste (Lerner y otros, 2004), que se divide en cinco sub-regiones trigueras (Figura 5). Las características climáticas y sus posibles influencias sobre la calidad de la producción, permiten determinar las siguientes subregiones: Subregión I, Subregión II Norte, Subregión II Sur, Subregión III, Subregión IV, Subregión V Norte y Subregión V Sur.

Para este trabajo, se caracterizó la Subregión V Norte, donde el clima es continental semiárido con temperaturas invernales de 10 a 13° C. Las precipitaciones disminuyen de 700 a 600 mm de este a oeste con distribución estacional (inviernos secos). Presenta vientos desecantes (zonda) que afectan el llenado de los granos.

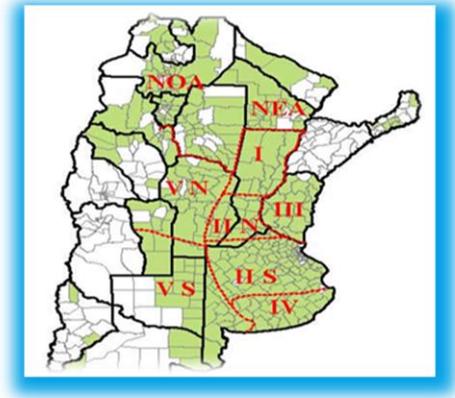


Figura 5. Principales zonas de producción de trigo en Argentina.

5. Destino de la producción

Entre el 40 y el 60% de la producción de trigo, es exportado. Del trigo destinado a consumo interno, el 87% se destina a molienda, con un rendimiento molinero promedio del 75% (Alimentos Argentinos, 2009). Alrededor del 12-15% de la harina producida se exporta y el resto se destina a panificación.

La elaboración de pan demanda el 78% del consumo interno de harina. El 95% es pan artesanal, elaborado por pequeñas y medianas panaderías. El 5% restante, es procesado por empresas industriales. La producción de pan industrial está compuesta por un 55% de pan de molde (lacteado) y un 45% de bollería (pan de Viena y pan dulce) (SAGPyA, 2007).

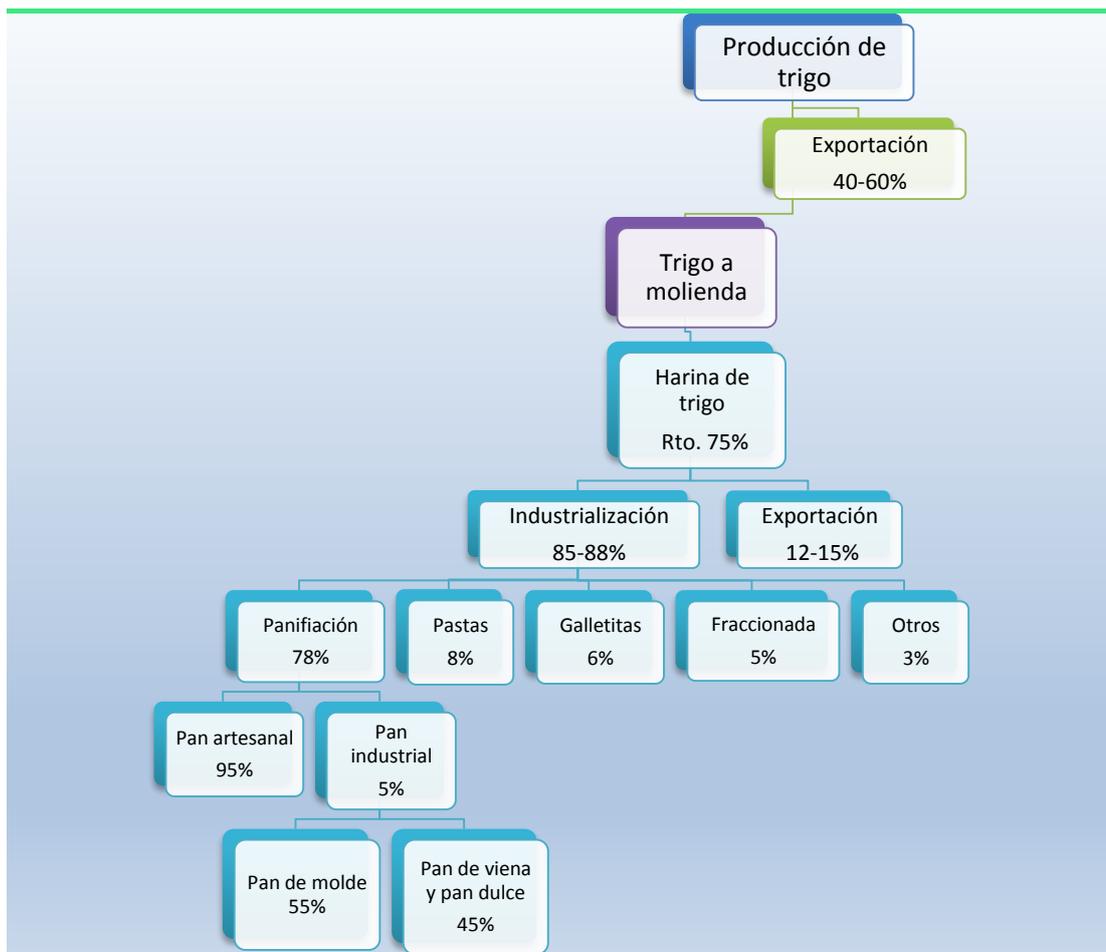


Figura 6. Cadena de transformación del trigo (SAGPyA, 2007).

Según el último informe oficial, en 2010, el consumo anual per cápita en la Argentina se estimó en 70,6 Kg para el pan tradicional de panadería y en 4,6 Kg para el pan industrial pan de molde y bollería (Alimentos argentinos, 2012). El incremento del consumo de pan industrial se atribuye a una mayor oferta de variedades, entre ellos los panes con ingredientes funcionales, y a la mayor participación de marcas del distribuidor (marcas blancas) en el mercado. El principal canal de comercialización para el pan industrial está constituido por los súper e hipermercados. (Alimentos argentinos, 2012)

6. Obtención de harinas y otros productos

Las etapas desde que llega al molino el trigo hasta que es obtenida la harina son las siguientes:

1-Recepción y almacenamiento del grano

El trigo llega al molino harinero por tren o por camión. Antes de la descarga del cereal, se realiza el calado para tomar muestras y ser analizadas.

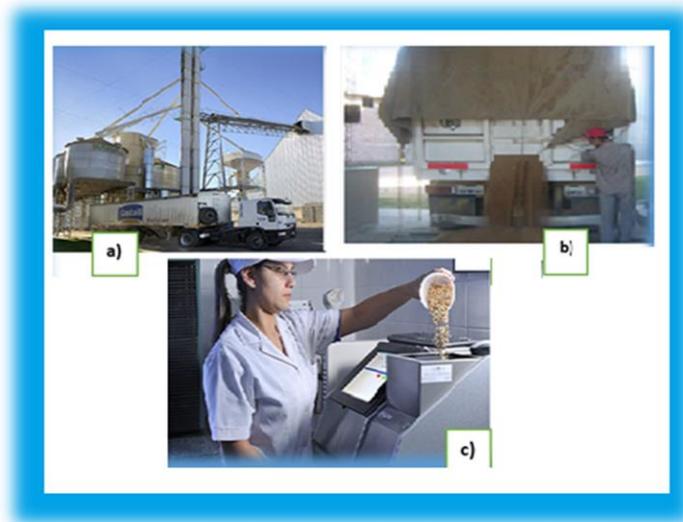


Figura 7 a) Recepción del trigo. b) descarga del cereal. c) toma de muestra y análisis.

2- Análisis y clasificación del trigo

Luego es analizado y clasificado en el laboratorio de control de calidad. Se determina el porcentaje de humedad, el peso hectolítrico, porcentaje de proteína en grano, entre otros, para luego ser almacenado en distintos silos. Otro parámetro que se evalúa es el porcentaje de granos dañados. En la mayoría de las industrias de alimentación, la humedad se suele determinar a diario por dos razones, una es que si el agua está presente por encima de ciertos niveles, facilita el desarrollo de microorganismos y otra es que, la cantidad de agua presente puede afectar la textura. Con respecto al porcentaje de proteínas, este varía de 7 y 18 % (según la variedad y las condiciones ambientales). Internacionalmente es un criterio muy importante. El método utilizado para su análisis es el método de Kjeldahl. En la práctica es común la medición del contenido de gluten (forma indirecta de medir las proteínas insolubles) del grano por medio del equipo denominado Glutomatic. Se considera que los trigos de menor calidad son los que poseen porcentajes de gluten menores a 28%, los trigos de calidad media, los que poseen entre 28-32% y los de mejor calidad a los que poseen porcentajes de gluten mayores a 32%.



Figura 8. Instrumentos para evaluar la calidad del grano. 1) Determinador de humedad. 2) Balanza de Schopper para determinación de peso hectolítrico. 3) Molino Perten y determinador de porcentaje de proteína, NIR.

Para completar la caracterización de la partida de trigo, se realiza una molienda en molino experimental y a la harina resultante se le mide porcentaje de cenizas por calcinación con mufla, porcentaje de gluten húmedo, Falling Number y fuerza alveográfica.



Figura 9. Instrumentos para evaluar calidad de harina. a) Mufla para cenizas, b) Glutomatic, para determinar el porcentaje de gluten húmedo: preparadora de masa y lavado del gluten, plancha para secar gluten, centrífuga. c) Falling Number, para determinar actividad de alfa-amilasa. d) Alveografo Chopin.

3- Limpieza y acondicionamiento del grano

El grano de trigo contiene distintas cantidades de impurezas de diferente tipo y tamaño, como materias vegetales, animales, minerales y otras impurezas. El objetivo de la limpieza es reducirlas al mínimo. Primero, el trigo sucio se pesa a la salida de los silos con una báscula automática para hacer el cálculo de la tasa de extracción y poder conocer el porcentaje de impurezas. Una vez pesado, va a una separadora - aspiradora que elimina las impurezas de diferente tamaño, realizándose la separación en base al diámetro de las partículas.

Este equipo está formado por dos tamices, ligeramente inclinados y con un movimiento de vaivén. El primer tamiz, con perforaciones grandes, deja pasar fácilmente el trigo y retiene las impurezas más grandes como pajas, hilo, etc. El segundo tamiz tiene perforaciones más pequeñas que el grano de trigo, quedando retenido, pero dejando pasar en cambio las impurezas más pequeñas como son las semillas de malas hierbas y los granos de trigo rotos. Por otra parte, una corriente de aire aspira el polvo, que se separa en un ciclón o por medio de filtros de aire. Finalmente, el trigo pasa sobre un dispositivo magnético, dotado de un imán o de un electroimán, que retiene las partículas metálicas que han atravesado los tamices.

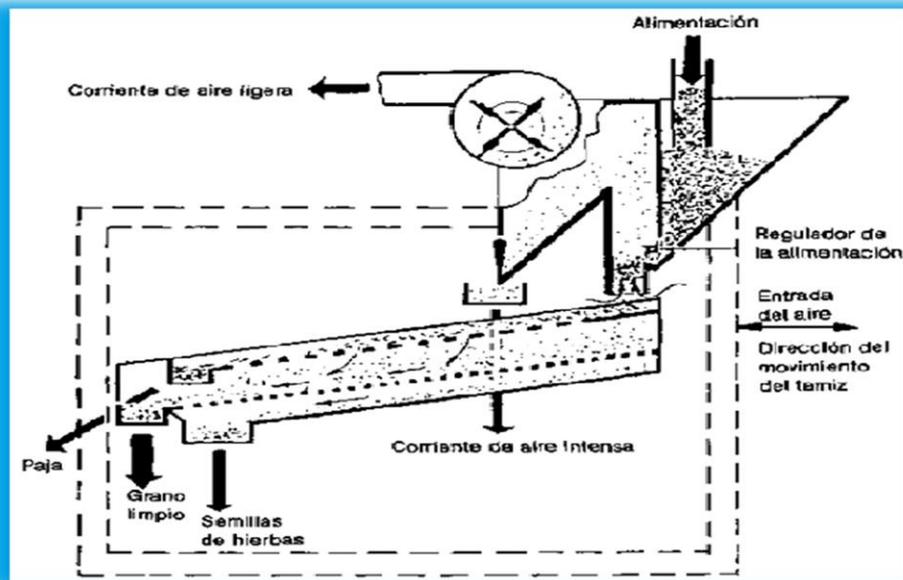


Figura 10. . Limpiadora de dos tamices con aspiración frontal.

Antes de la molienda, los granos de trigo deben acondicionarse. El acondicionamiento consiste en ajustar el contenido de humedad de los granos a valores definidos, generalmente 14%. Es el paso más importante en la preparación del grano para la molienda, con esto se flexibiliza el tegumento, reduciendo la posibilidad de que se produzca polvillo de salvado, que pasaría a contaminar la harina dando color más oscuro y mayor contenido de cenizas (Evers, 1993). Además, una correcta humedad y tiempo de reposo adecuado, facilitan la separación de endospermo y el tegumento, favoreciendo una mayor extracción de harina. El tiempo de reposo permite que la humedad penetre en el grano, se hinche, genere diferencias de presiones en las distintas células del pericarpio, produzca un resquebrajamiento celular y disminuya la dureza del endospermo, con lo cual se favorece la molienda y se reduce el consumo de energía (Owens, 2001). El porcentaje de agua a agregar al trigo nunca deberá exceder al 4%, porque se producirá escurrimiento dentro del silo de reposo y la humedad resultante del trigo será irregular en los distintos sectores del silo y estas variaciones se verán reflejadas con irregularidades en el proceso de molienda, dando altibajos en la calidad de las harinas y en el rendimiento de extracción (Owens, 2001; Turnbull y Rahman, 2002).



Figura 11.a) proceso de limpieza. b) Acondicionado del trigo.

7. Proceso de Molienda

En el proceso de molienda, el primer objetivo es la separación del salvado y el germen del endospermo. La molturación del grano de trigo se realiza en molinos de cilindros en un proceso de reducción gradual que consiste en un sistema de rotura (rodillos estriados), uno de purificación y otro de reducción de tamaño (rodillos lisos) que permiten separar el salvado con sus distintas fracciones y el embrión, del endospermo. Después de la separación, se reduce el endospermo a la finura deseada de la harina y se consigue con el sistema de reducción. Cada rodillo del mismo par funciona con velocidad distinta, girando el más rápido, generalmente, a dos veces y media la velocidad del más lento (Kent, 1984). Tanto el rendimiento molinero como el porcentaje de almidón dañado y la energía consumida, estarán en directa relación con la dureza del grano (Gaines y otros., 1996; Turnbull y Rahman, 2002).

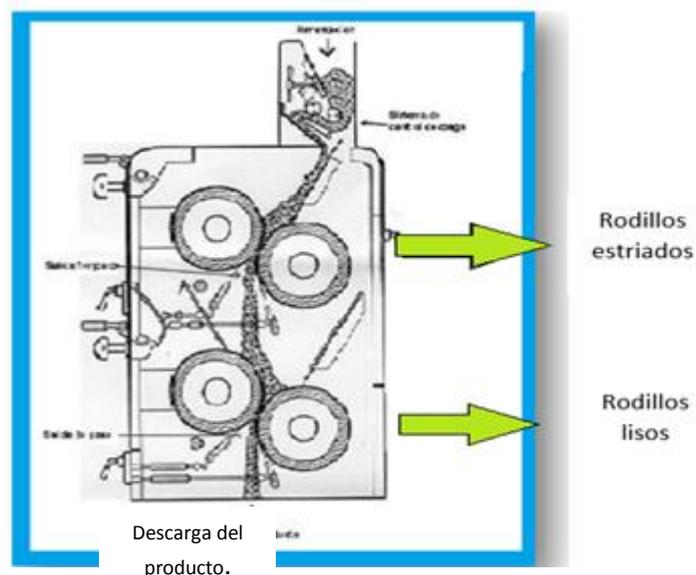


Figura 12. . Sistema de molienda

Cada juego de rodillos es seguido por un sistema de separación. El producto es apartado por tamices, que pueden ser hasta 12.

Las piezas grandes de salvado, que llevan cantidades considerables de endospermo, y las partículas de otros tamaños, pueden enviarse a los purificadores y después a los rodillos de reducción (Kent, 1984). Las partículas ligeras de salvado son eliminadas por el aire y los trozos de endospermo son calibrados y enviados a los diferentes rodillos de reducción (Owens, 2001). Tras cada paso de molturación, se criba el producto, se separa la harina y las partículas más gruesas son enviadas a los rodillos de reducción apropiados. Existe una alta correlación entre parámetros del grano (dureza, geometrías y contenido de cenizas), y parámetros que hacen a la tecnología de la panificación (contenido de proteína, absorción de agua, reología de masas, volumen específico de pan), que devienen del proceso de molienda, su agresividad y rendimiento en harina (Hruskova y otros, 2006).

El producto terminado se embolsa y se estiba hasta su comercialización o se despacha a granel.



Figura 13. a) Sistema de reducción de tamaño. b) Envasado de harina en bolsas de 50 Kg.

Productos de la molienda del trigo

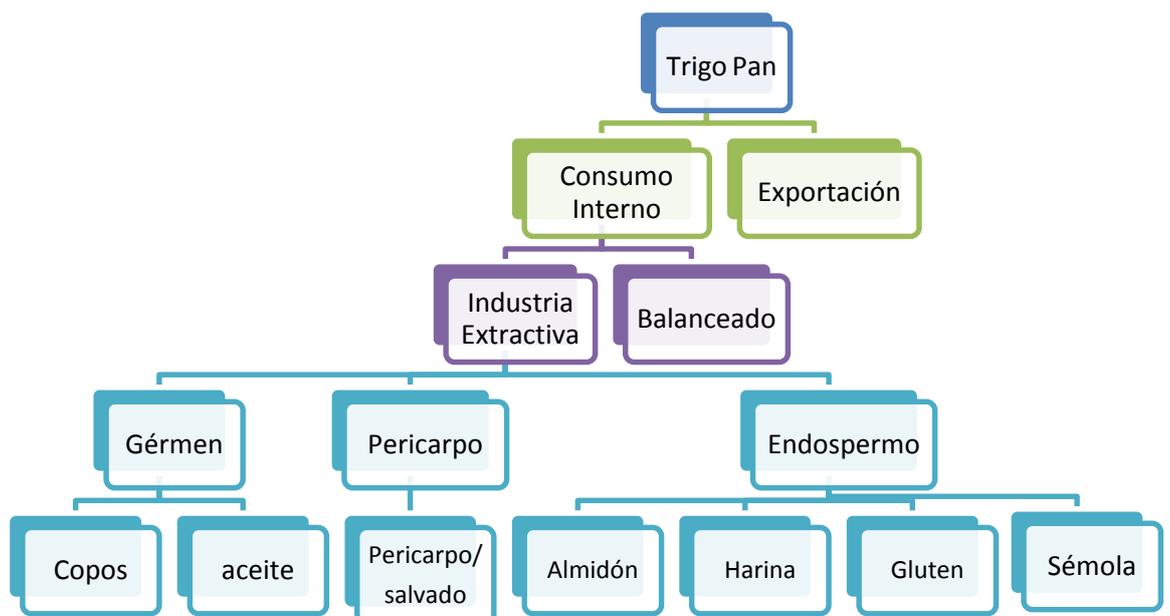


Figura 14. Productos y subproductos del procesado de trigo.

Al moler el trigo se diferencian tres partes de su grano:

La cubierta exterior, salvado o pericarpa correspondiente al 13-15% del peso del grano.

La parte interior y de la cual se extrae la harina, conocida como “endospermo”, en este caso el 80-85% del peso del grano y se obtiene almidón, harinas, gluten, y sémolas.

La parte reproductiva o “germen” que consiste en apenas el 3% del peso del grano, de este se obtienen copos y aceite. De todas estas partes la más importante para el uso en panadería es el endospermo, por ser de donde se extrae la harina en el proceso de la molienda al contener tanto el almidón como las proteínas de reserva del grano.

La harina de trigo es la más versátil de las harinas de cereales para la obtención de diversos productos. Los otros cereales no dan masas viscoelásticas, y no son apropiados para elaborar productos horneados como el pan, salvo que se mezclen con harina de trigo. Es por esto que para la mayoría de la gente “harina” significa harina de trigo. Según el artículo 661 del Código Alimentario Argentino (CAA) con la denominación de “harina”, se entiende al producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo que responda a las exigencias de éste.

Los criterios de tipificación de las harinas son los establecidos en el CAA y con los siguientes ensayos:

- **Humedad:** es determinada en condiciones tipificadas a 130 ° C durante 1 hora (según Norma IRAM 15850).
- **Cenizas:** son determinadas a 900 – 920° C y calculadas sobre producto seco, admitiéndose una tolerancia de hasta el 3 % sobre los valores establecidos (según Norma IRAM 15051).
- **Absorción de agua:** es la cantidad de agua que absorben 100 g de harina con Farinograma (según Norma IRAM 16855).
- **Por volumen de pan:** se entiende al volumen de pan que se obtiene con 100 g de harina (según Norma IRAM 15858-1 o AACC N° 10-09).

A partir de estos ensayos se clasifican de la siguiente manera:

 Harina Integral: Contiene todas las partes del trigo.

 Harinas ½ 0, 0, y 00: Son las que se obtienen de la porción del endospermo más cercano a la cáscara (salvado). Se utilizan para galletas o balanceados.

 Harina 000: Son las más corrientes, las que se obtienen al moler el trigo, separando sólo el salvado y el germen, tiene la mejor calidad panadera, se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma. Se la conoce también como harina de fuerza.

 Harina 0000: Es una harina blanca que se obtiene del centro del endospermo y tiene la mejor calidad pastelera, es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería, en batido de tortas, hojaldres, etc. En otras palabras tienen

poca capacidad de retención de líquidos. También es la más pobre en contenido de proteínas y de cenizas.

Harina tipo	Humedad g/100 g	Cenizas g/100 g	Absorción g/100 g	Volumen pan cm ³
	máximo	máximo	mínimo	
0000	15,0	0,492	56-62	550
000	15,0	0,65	57-63	520
00	14,7	0,678	58-65	500
0	14,7	0,873	60-67	475
½0	14,5	1,350	-	-

Tabla 1. Clasificación de las harinas de acuerdo a los valores máx. de H y cenizas y el mínimo de absorción de agua. (Código Alimentario, Capítulo IX, Alimentos farináceos-cereales, harinas y derivados).

DIAGRAMA INTEGRADO DEL PROCESO DESDE EL INGRESO DEL TRIGO AL ACOPIO HASTA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE LA MOLIENDA

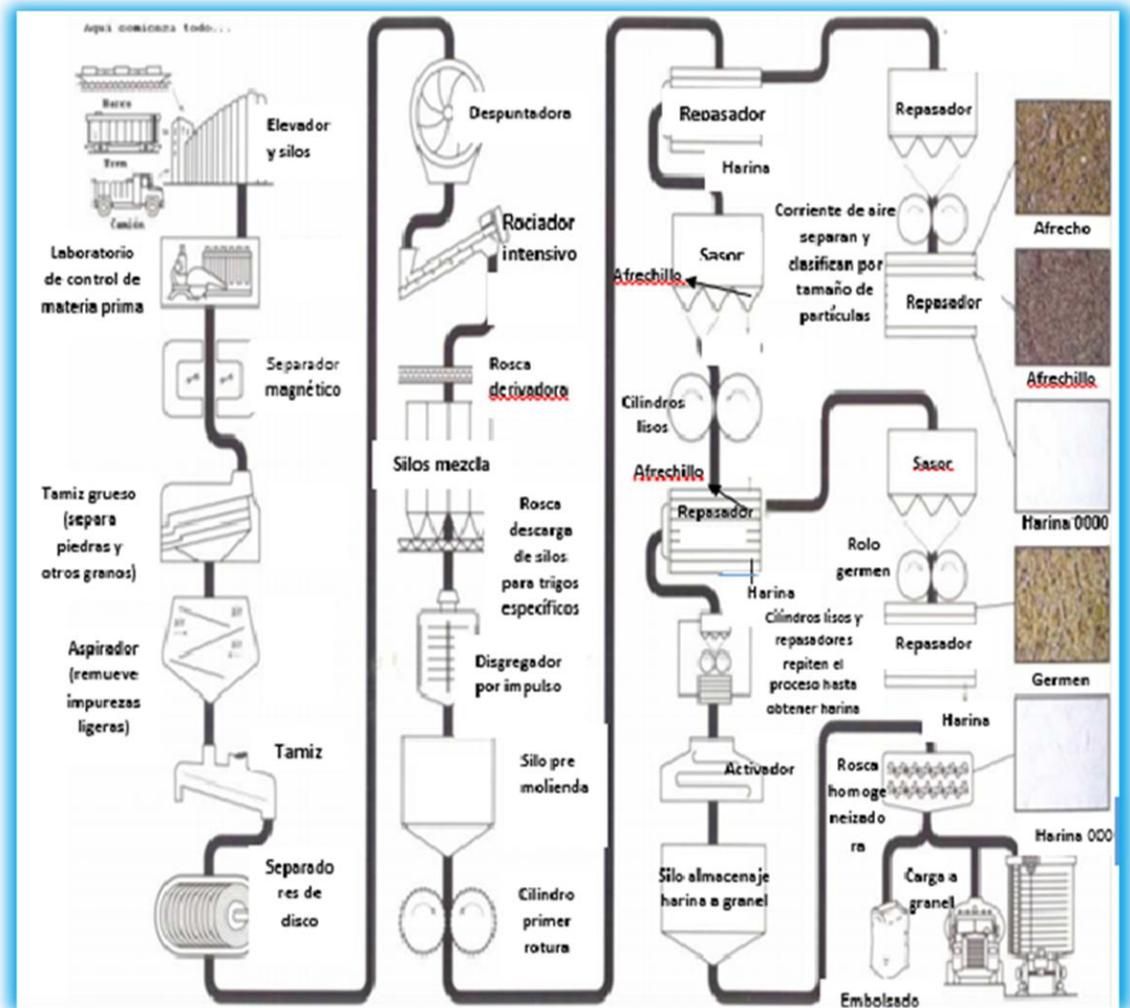


Figura 15. Diagrama completo del proceso de obtención de harinas de trigo y subproductos.

Anteriormente se mencionó que la calidad de los trigos está determinada por el contenido y la calidad de proteínas, entre otros parámetros. Para saber la calidad de proteínas es necesario determinar qué tipo predominan en los granos.

Osborne (1907) separó las proteínas de la harina de trigo de acuerdo a su solubilidad en diferentes solventes y las clasificó en cuatro fracciones:

- Albúminas, solubles en agua
- Globulinas, solubles en soluciones salinas
- Prolaminas, solubles en solución alcohólica
- Glutelinas, solubles en soluciones ácidas o básicas diluidas

La mayor parte de las albúminas y las globulinas están concentradas en las células de aleurona, y germen y en menor proporción en el endospermo. Constituyen las proteínas metabólicamente activas como las enzimas (Loussert y col., 2008; Kamal y col., 2009). Las glutelinas y prolaminas, son proteínas de reserva que la planta almacena en el endospermo para su utilización durante la germinación. Estas proteínas constituyen la matriz proteica del endospermo (Gianibelli y col. 2001, Dupont y Altenbach, 2003). En el caso específico del trigo, las prolaminas se denominan gliadinas y gluteninas. Ambas forman una red viscoelástica y cohesiva, que recibe el nombre de red de gluten cuando se les adiciona agua y se las somete a trabajo mecánico (energía).

GLIADINAS Y GLUTENINAS

Las gliadinas son una mezcla de polipéptidos monoméricos, y las gluteninas consisten en polipéptidos asociados por puentes disulfuro intermoleculares (Veraverbeke y Delcour, 2002, Dupont y Altenbach, 2003). Las gliadinas, presentan masas moleculares que oscilan alrededor de 50 kD. Las gluteninas son un grupo heterogéneo de proteínas, cuyo peso molecular es mucho mayor (Arfvidsson y col., 2004).

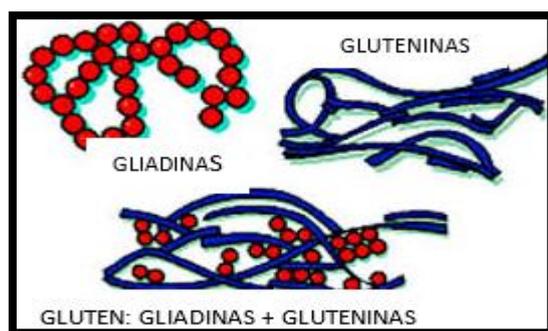


Figura 16. Esquema de las proteínas de reserva del Trigo.

Las gliadinas son responsables de la extensibilidad, facilitan la fluidez y expansión de una masa (Daniel y Triboi, 2000; Faergestad y col.), mientras que las gluteninas son responsables de la elasticidad y cohesividad de la masa panadera y contribuye en mayor medida al volumen del pan (Uhlen y col., 2004; Wieser, 2007). La relación gliadinas/gluteninas, y el tamaño de los polímeros de glutenina afectan las propiedades reológicas de la masa (MacRitchie y col., 1990)

En Argentina, así como en otros países, existen cultivares con buen rendimiento y otros de pobre rendimiento panadero. Este comportamiento es debido a manejos tendientes a mejorar distintos aspectos de los cultivares como resistencia a patógenos o rendimiento, pero a pesar de los efectos beneficiosos asociados a este carácter, se producen pérdidas en la calidad panadera de proporciones variables (Bregitzer y col., 2006, Zheng y col., 2009). Así se han hallado cambios en la dureza de la masa y en la tolerancia al amasado relacionados a los cambios en las proteínas, particularmente en ciertos grupos de gluteninas asociadas a buena calidad panadera.

Por otra parte, la interacción genotipo x ambiente hace que factores tales como disponibilidad de agua, nutrientes, variación de temperatura durante el periodo de

llenado de grano y condiciones pre y post cosecha, hagan variar la calidad potencial en mayor o en menor medida, alterando la relación gliadinas/gluteninas y por ende las características del gluten.

8. Evaluación físico-química de las harinas

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

TEST PREDICTIVOS DE CALIDAD

La forma más correcta de establecer la calidad de una harina para elaborar un determinado producto de panificación es elaborar y evaluar dicho producto. Sin embargo, en muchas ocasiones esto no es posible debido a que es necesario tener esta información de manera rápida o se cuenta con una limitada cantidad de muestra. En función de esto, resulta necesario utilizar pruebas predictivas que se correlacionen significativamente con la aptitud de las harinas para elaborar diferentes productos panificados. Son dos los test más empleados para predecir los posibles usos de una harina: la Capacidad de Retención de Solventes (SRC) y el Índice de Sedimentación en Dodecil Sulfato de Sodio (IS-SDS).

El test de Capacidad de Retención de Solventes (SRC) mide la habilidad de una harina para retener un grupo de cuatro solventes (agua, carbonato de sodio, sacarosa, ácido láctico) luego de la centrifugación. Generalmente, el SRC ácido láctico se asocia con las características de las gluteninas, mientras que el SRC carbonato, con los niveles de almidón dañado. El SRC sacarosa está relacionado con el contenido de pentosanos y con las características de gliadinas, y el SRC agua es afectado por todos los constituyentes hidrofílicos de la harina.

El índice de sedimentación en dodecilsulfato de sodio (IS-SDS) consiste en medir el volumen de sedimentación de una suspensión de harina en una solución de ácido láctico-SDS, y se sabe que una mayor cantidad de gluten corresponde a una mayor capacidad del mismo para embeberse en agua. El agregado de un detergente (SDS) facilita la ruptura de las células del endosperma y la dispersión de las proteínas. Este índice se asocia con la calidad y cantidad de las proteínas formadoras de la red de gluten presentes en la harina, mientras mayor sea el valor del índice, más apta será la harina para el desarrollo de productos esponjados o leudados, que requieren del desarrollo de la red proteica continua.

ENSAYOS REOLÓGICOS SOBRE LA MASA

La calidad panadera de una harina puede determinarse a través de ensayos reológicos (alveograma, farinograma, extensograma, entre otros) que permiten predecir su comportamiento en la panificación posterior. El ensayo alveográfico provee parámetros tales como la tenacidad (P), extensibilidad (L) y la fuerza (W) muy importantes para determinar la calidad y uso de una harina.

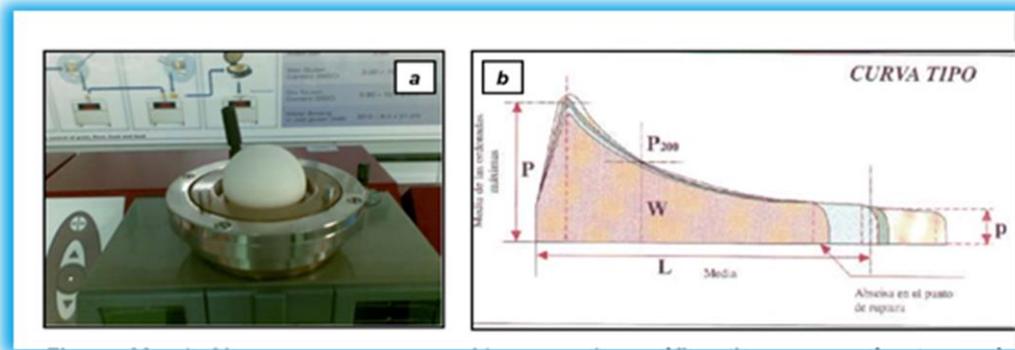


Figura 17. a) Alveograma en curso, b) curva alveográfica tipo con parámetros más usados: P (tenacidad), L (extensibilidad), W (fuerza alveográfica).

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

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

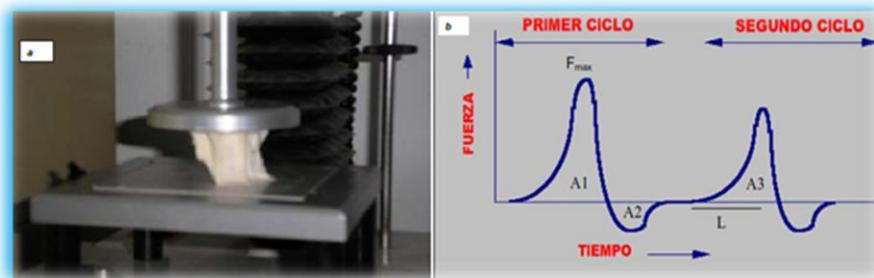


Figura 18.a) Ensayo de compresión (TPA) de masa en curso, b) curva TPA tipo con dos ciclos de compresión.

Es bien conocido que las masas de trigo presentan un comportamiento viscoelástico por lo que su relación con la energía aplicada resulta en generación de calor (proceso viscoso) y acumulación de energía (proceso elástico). Estas propiedades viscoelásticas particulares de las masas de harinas de trigo están a menudo relacionadas con su desempeño único en los productos panificados

MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL ALMIDÓN: ANALIZADOR RÁPIDO DE VISCOSIDAD (RVA)

Otro método utilizado en la industria es el RVA o analizador rápido de viscosidad; este es un método que determina la viscosidad, de una pasta a base de almidón cuando es sometida a una tensión de desplazamiento constante, incorporando condiciones de tiempo y temperaturas específicas de acuerdo a la muestra; registrando las variaciones de viscosidad al someter la muestra a ciclos programables de calentamiento y/o enfriamiento. El aparato con el que se lleva a cabo, posee una biblioteca de ensayos especialmente diseñados para cereales y productos que contienen almidón.

El método consiste en hacer girar a muy altas revoluciones la mezcla (muestra de harina + agua), luego elevar la temperatura hasta un pico máximo y luego hacerla descender.

Los cambios de viscosidad producidos durante un programa controlado de calentamiento y enfriamiento de la suspensión de almidón en agua, originan una curva característica y permite observar: la viscosidad pico, la estabilidad del almidón, viscosidad final, retrogradación, tiempo de pico, temperatura de pasta.



Figura 19. Instrumento analizador RVA.

EXPLICACIÓN DEL PROCESO

Los gránulos de almidón son insolubles en agua a temperaturas inferiores a los 50°C, cuando aumenta la temperatura por encima de 50°C, los gránulos comienzan a hidratarse aumentando su tamaño, hasta un punto donde el aumento de tamaño granular es máximo. En este momento, y gracias a las altas temperaturas y a la cizalla, los gránulos se rompen y liberan parte de su contenido (principalmente amilosa) al medio. Este es un proceso irreversible que se caracteriza por la pérdida de la cristalinidad del almidón.

Al inicio del análisis, la suspensión se mantiene a bajas temperaturas, observándose menor viscosidad; al incrementar la temperatura cerca de la temperatura de gelatinización, los gránulos comienzan a pegarse unos a otros formando una pasta que produce un aumento de la viscosidad. Este instante se conoce como temperatura de pasta, y es la temperatura a la cual la viscosidad de la pasta comienza a aumentar significativamente. La temperatura de pasta (T° pasta) suele asociarse a la temperatura de gelatinización.

Los gránulos siguen hinchándose y se produce un elevado aumento de la viscosidad hasta llegar a un punto máximo de viscosidad denominado viscosidad pico (VP), donde los gránulos alcanzan su mayor nivel de absorción de agua. Posteriormente los gránulos se rompen por efecto de la agitación provocando la disminución de la viscosidad hasta llegar a un punto denominado “viscosidad media”. La diferencia entre la viscosidad pico y la media se conoce como Breakdown y permite conocer la “estabilidad” del gránulo frente a la cocción.

Finalmente, en el período de disminución de la temperatura ocurre la “retrogradación” que se define como el reordenamiento de las moléculas de almidón en pequeños agregados cristalinos insolubles; este fenómeno es el precursor de la formación del gel y la amilosa es el principal responsable. Allí se describe un nuevo incremento de la viscosidad hasta llegar al punto final de la prueba. El setback es aquella región definida por la diferencia entre la viscosidad pico y la viscosidad final, está asociado a la capacidad de retrogradación del almidón (Ferrerías Charro, 2008).

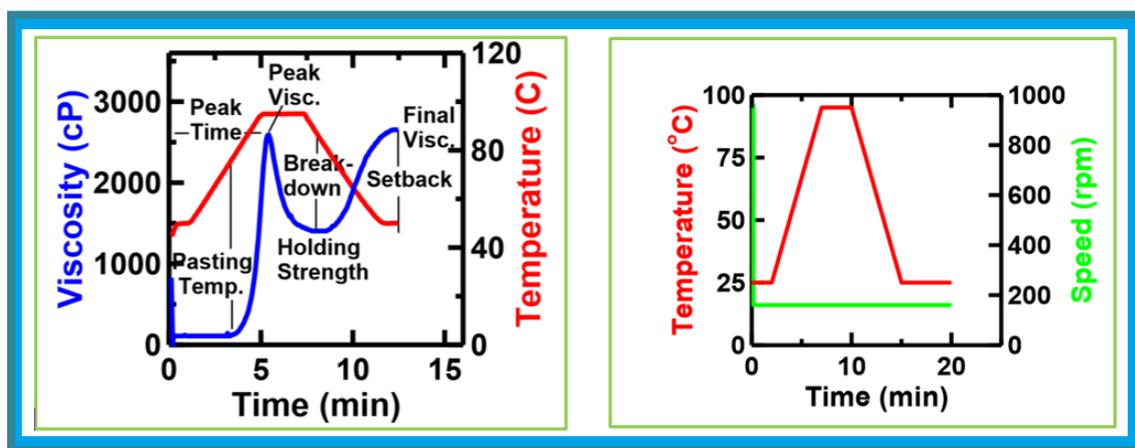


Figura 20. a) Curva de pasta del almidón mostrando la temperatura de pasting del almidón, la viscosidad de pico, la estabilidad, la viscosidad final, la retrogradación y el peak time (tiempo de pico), b) Gráfico que muestra la cómo varía la temperatura en función del tiempo.

8. Panificación y etapas de elaboración del pan

La fórmula básica y ancestral para obtener masa para elaborar pan es una mezcla de harina, agua (Wagner y col., 2007), sal y un agente leudante en proporciones relativamente variables. Cada región ha desarrollado su pan clásico o típico con variantes en los ingredientes. En la Argentina se busca que las harinas destinadas a la producción de pan tengan una relación de tenacidad en función a la extensibilidad (P/L) cercana a 1.

Esta relación es uno de los parámetros más importantes, ya que permite clasificar a los trigos, de acuerdo a su aptitud de uso industrial. Estos parámetros se obtiene con el alveógrafo, y los resultados son la P (tenacidad de la masa, indica la resistencia a ser estirada o deformada), L (extensibilidad de la masa, indica capacidad para permitir estiramiento), P/L (relación de equilibrio tenacidad/extensibilidad). Otro parámetro de importancia es el W, que es el trabajo necesario para deformar la masa y se calcula como el área bajo la curva del alveograma. En análisis alveográfico simula el comportamiento de la masa durante el periodo de fermentación.

Los trigos de gran fuerza (valores de W superiores a 280) son aptos para producir harinas especiales, y para panificados que soportan una gran carga de ingredientes. Por ejemplo: un pan dulce que pueda sostener una gran cantidad de frutas secas, almendras, pasas, etc. en su constitución. Los valores más corrientes de W oscilan entre 130 (mínimo) hasta 450 (máximo). Las unidades de medición son unidades de Fuerza (Joules x 10⁻⁴).

PROCESO DE PANIFICACIÓN

La harina de trigo es la única que cuenta con la habilidad de formar una masa cohesiva y fuerte capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su horneado. Esta propiedad se debe su capacidad de formar gluten. Es la estructura del gluten la que gobierna las propiedades de la masa.

En la panificación se efectúan tres tipos de fermentación:

- De larga duración: hasta 16 horas
- De mediana duración: hasta 8 horas
- De corta duración: 6 horas.

El sistema tradicional argentino para la elaboración de pan artesanal, requiere de fermentaciones de larga duración que favorecen el sabor y requiere un porcentaje bajo de levaduras. Los trigos deben tener un valor de fuerza panadera (W) superior a 250 y gluten entre 28 y 30% para ayudar a soportar las horas de fermentación.

Otro método de panificación es el directo con tiempos de fermentación menores a las 6 horas. Las harinas requeridas deben ser de fuerza intermedia con un (W) de alrededor de 230-250 y gluten de 27% aproximadamente. Las grandes panificadoras llevan a cabo en su mayoría, la elaboración de pan de molde; el mismo requiere harinas con (W) superiores a 350 y proteína por encima de 12% y gluten mayor a 29% con tiempos de fermentación de corta duración.

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

ETAPAS DE ELABORACIÓN DEL PAN

MEZCLADO DE LOS INGREDIENTES Y AMASADO

El objetivo de esta etapa es formar una masa homogénea. La formación de masa, ya sea manual en la panificación casera y artesanal, o mecánica en las panificaciones semi-industriales

o industriales, pretende el mezclado de los ingredientes, la obtención de una masa homogénea y el desarrollo del gluten.



Figura 21. a) Mezcla de ingredientes. b) Amasado

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

FERMENTACIÓN

La fermentación se activa por medio de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Las diastasas de la harina por acción de la levadura se transforman el almidón en dextrina y luego en maltosa. Este proceso biológico genera gas (CO₂).

ETAPAS EN LA FERMENTACIÓN

Primera fermentación o fermentación en bloque: Esta etapa de fermentación va desde el amasado hasta el momento en que se divide la masa y es de las más importantes en el proceso cuando se quiere desarrollar todas las características de la fermentación (Fuerza, sabor, olor y vida útil). Esta etapa ha sido la más sacrificada por los panaderos que buscan tener un pan en poco tiempo, olvidando que del sabor y olor del pan depende el aumento del consumo de pan. Tiempo de duración: 0 a 4 horas

Descanso: Esta etapa de fermentación es muy corta, se da entre la división de la masa y el formado del pan. Se usa para relajar la masa y dar el tiempo suficiente para que el gluten se recupere del estrés de la división de la masa. Ayuda a tener una masa más fácil de trabajar y un mejor volumen en el pan. Tiempo: 0 a 30 minutos

Fermentación final: Se da después de formar el pan y termina cuando el pan entra en el horno, en este punto, el principal beneficio generado por la fermentación es la producción de

gas y el aumento de volumen de la masa. Tiempo: 15 a 90 minutos (A temperatura baja o con una pequeña proporción de levadura puede durar hasta 18 horas).

Salto de horno: Esta es la última etapa de fermentación, pero la más intensa. En los primeros minutos de horneado se genera el “salto de horno”, debido al incremento repentino de la temperatura que estimula la levadura y la actividad enzimática, produciendo una cantidad importante de gas. Es importante para el panadero no olvidar este paso. Cuando evalúa el momento de hornear el pan: el gluten de la masa tiene que ser capaz de retener esa gran producción de gas para lograr un producto final bien desarrollado, de estructura ligera y con buen volumen. Tiempo dura entre 5 a 7 minutos. La retención del gas es una propiedad de la proteína de la harina; el gluten, a la vez debe ser lo suficientemente extensible para permitir que suba la masa. La proteína debe ser fuerte para evitar que el gas se escape con facilidad. Se presentan otros tipos de fermentaciones como la acética, láctica y butírica que le proporcionan sabor y aroma al pan. El gas al dilatarse por la acción del calor produce los llamados ojos del pan, la coagulación del gluten y la hinchazón del almidón

MOLDEADO Y COCCIÓN DE LAS PIEZAS PANARIAS

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

HORNEADO

El objetivo del horneado es la cocción de la masa transformándola en un producto alimenticio apetitoso y digerible. Ocurren algunos cambios durante la cocción:

- ✚ Aumenta la actividad de la levadura y produce grandes cantidades de CO₂
- ✚ A una temperatura entre 45 °C, se inactiva la levadura, terminándose todo aumento de volumen y a los 50 °C, muere la levadura. La diastasa transforma el almidón en maltosa, termina la acción de la diastasa a los 77°C.
- ✚ Entre los 60-80 °C, se presenta modificación de las proteínas del gluten las que se coagula además se gelatiniza el almidón, perdiéndose plasticidad adquiriéndose la estructura definitiva del pan.
- ✚ La caramelización de la capa externa del pan, se inicia desde los 110- 120 °C.
- ✚ La máxima temperatura interna que alcanza el pan es de 100 °C, y la externa es de 190-270 °C, a esta temperatura el pan está cocido.

ENFRIAMIENTO

Terminada la cocción en el horno, el pan se saca y se enfría antes de ser almacenado. Este enfriamiento se realiza sobre las latas en las mesas de trabajo o en bandas transportadoras de cinta o en mesas giratorias ventiladas con aire frío.

9. Calidad Panadera

La forma tradicional de evaluación de la calidad panadera es y ha sido siempre a través del volumen de pan, aunque también suele incluirse la relación de forma (ancho/alto). Es ampliamente conocido que harinas de distinta calidad darán diferentes volúmenes de pan. La relación de forma de los panes se ha convertido en un descriptor importante. Ambos parámetros, el volumen específico y la relación de forma de los panes son reflejo de la capacidad de deformación de la masa y de la retención del CO₂ durante el proceso de horneado en el que coagulan las proteínas del gluten y gelatiniza el almidón conduciendo a la formación de alvéolos en la miga.

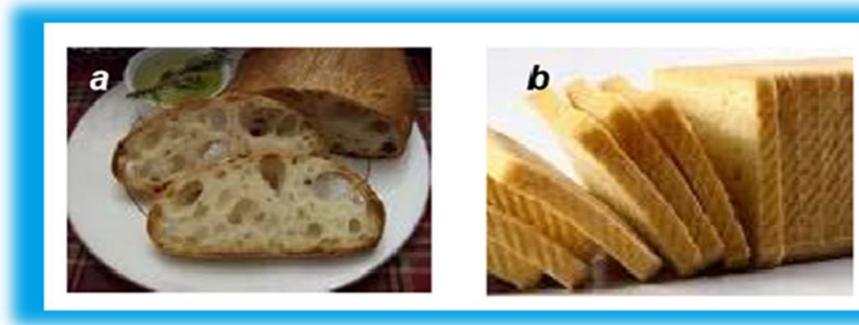


Figura 22. a) Alvéolos de variado tamaño en pan artesanal; b) pan industrial (molde) con alveolado uniforme

ESTUDIO ANÁLISIS DEL NEGOCIO: CALIDAD DE HARINAS, UN FACTOR QUE DECIDE LA SIEMBRA DE TRIGO EN LA REGIÓN CENTRAL DE CÓRDOBA.

OBJETIVOS

GENERALES

- Evaluar si es viable para los productores de la región centro de Córdoba, incorporar trigos mejorados en calidad y rendimiento.
- Diferenciar entre un producto común (trigo), y una variedad mejorada por calidad y rendimiento, cuantificando el beneficio económico extra.

ESPECÍFICOS

- Determinar si es factible mejorar trigos por rendimiento y calidad, en distintos sistemas de siembra, directo y convencional.
- Conocer cuáles son los parámetros que se evalúan para determinar la calidad de las harinas de trigo.
- Conocer los distintos ensayos y test predictivos para determinar la calidad de las harinas de trigo.
- Calcular la diferencia de ingresos netos para el cultivo de trigo versus uno mejorado por calidad y rendimiento.

Se procedió a realizar un análisis de trigos mejorados, utilizando granos cosechados en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC) cultivados por el Ingeniero Maich, y se los evaluó en el Laboratorio de Química Biológica de la Facultad.

Desde 1985, el Ing. Agr. Ricardo Maich lleva a cabo un programa de mejoramiento por selección recurrente del trigo pan. Este programa tiene como objetivo mejorar el rendimiento en grano utilizando progenies híbridas producto de cruzamientos de las progenies del año anterior. Hasta el momento se han obtenido 13 ciclos de selección. Además, se ha evaluado el efecto de diferentes sistemas de labranza: convencional y directa. A lo largo de los ciclos de selección se observó un aumento en el rendimiento a campo.

Se ha establecido en la literatura que el rendimiento y contenido de proteínas de los granos están negativa y linealmente relacionadas (Williams y col., 2008; Niu y col., 2010). La magnitud con la que una cantidad determinada de proteína se diluye en una mayor proporción de almidón explica en parte esta asociación negativa (Acreche y Slafer, 2009). Sin embargo, los resultados de Groosy col. (2002) muestran que es posible mejorar ambos caracteres simultáneamente.

En el marco del estudio llevado a cabo por el Ing. Maich, se evaluó la cantidad y calidad de proteínas presentes en las harinas obtenidas en cada ciclo. Los resultados mostraron que la cantidad total y la calidad de proteínas aumentaron a medida que avanzó el proceso de selección (resultados no publicados sobre calidad), además de incrementarse los rendimientos. Para poder determinar que la calidad de los granos mejoró fue necesario evaluar algunos parámetros y también saber si la calidad del almidón se modificó, ya que este es el componente mayoritario.

Uno de los métodos empleados fue el RVA (Rapid Visco Analyser). Este determina las propiedades de viscosidad de cocción del almidón del grano, registrando las pequeñas variaciones de pegajosidad al someter la muestra a ciclos programables de calentamiento y/o enfriamiento. En unos minutos cuece la muestra y registra continuamente dichas variaciones.

Primero se procedió a la molienda de los granos por medio de Molino Agromatic AG 109, y se obtuvo el contenido de humedad de las muestras empleando el método AACC 44-15A (AACC, 2000). Luego, se colocó las harinas en un viscoanalizador (RVA-4; Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia). Se pusieron 3 g de la muestra (base seca) en el recipiente y se agregaron $25 \pm 0,1$ ml de agua destilada. La mezcla se calentó hasta $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 1 min, luego se elevó la temperatura hasta $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una velocidad de calentamiento de $9,4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, mientras se agitó a una velocidad de 960 rpm. Se mantuvo a esta temperatura por 2,5 min y finalmente se dejó enfriar a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una velocidad de $11,8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. A partir de la curva de pasting se obtuvieron los siguientes parámetros:

Temperatura de pasta (Pastingtemperature) ($^{\circ}\text{C}$): temperatura inicial de pasta. Indica la temperatura mínima necesaria para cocinar un almidón.

Viscosidad máxima (PeakViscosity) (cP): pico de viscosidad. Indica la máxima capacidad de hinchamiento y retención de agua del almidón.

Estabilidad (Breakdown) (cP): Diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad de caída que se produce cuando los gránulos se rompen y por lo tanto la viscosidad disminuye.

Retrogradación (Setback) (cP): Es la diferencia entre la viscosidad final y la de caída.

Viscosidad final (Final viscosity) (cP): viscosidad final en frío. Cuando la pasta se enfría, el almidón se reorganiza y la consistencia vuelve a aumentar.

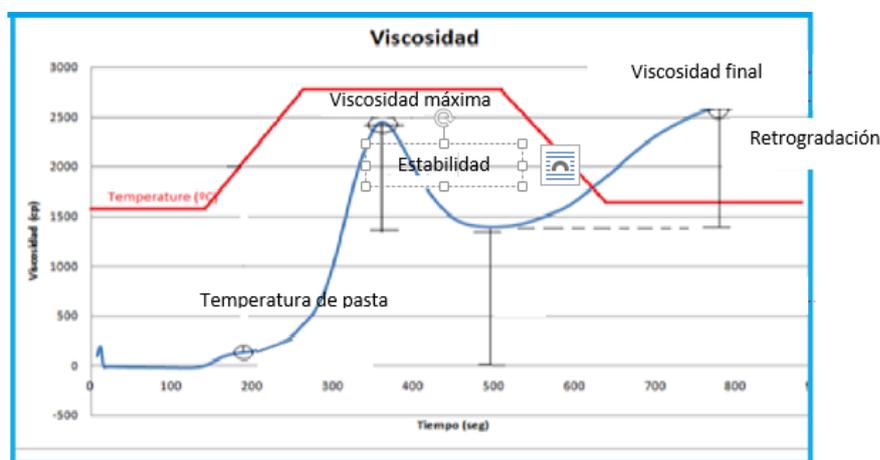


Figura 23. Parámetros y curva de RVA.

Todas las muestras se analizaron por duplicado y los datos obtenidos se examinaron estadísticamente mediante el análisis de varianza. Los resultados fueron comparados con el Método de la Mínima Diferencia Significativa (LSD) de Fisher a un nivel de significación del 0,05. La comparación se realizó mediante el programa INFOSTAT (Facultad de Ciencias

Agropecuarias, UNC, Argentina). En la siguiente tabla se observan los resultados de dicho análisis.

Labranza	Ciclo	Temperatura pasta (°C)	Viscosidad de máxima (cP)	Viscosidad final (cP)	Breakdown	Setback
Siembra convencional	0	71,7	1792	2363	1157	1207
	2	65,7	2728	3017	1498	1519
	4	67,1	1951	2284	1099	1185
	6	70,9	1969	2549	1321	1228
	8	66,7	1787	2102	1071	1031
	10	68,4	1737	2208	1118	1089
Siembra directa	0	65,6	2947	3661	1859	1802
	2	72,9	1899	2543	1275	1268
	4	72,9	2414	2934	1447	1488
	6	66,8	3267	3929	2045	1885
	8	65,9	1964	2548	1273	1275
	10	72,9	1853	2436	1237	1199

Tabla 2. Resultados Obtenidos de RVA, analizados con INFOSTAT.

El análisis estadístico muestra que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en el comportamiento de pasta de las harinas obtenidas en diferentes ciclos, y no hubo respuesta por parte del almidón a la selección recurrente.

Para complementar este análisis, fue necesario conocer el porcentaje de proteínas que poseen estos granos (Brindados por El Ingeniero Ricardo Maich). Obtenido por medio de análisis de Kjeldhal.

			% proteína	Promedio				% proteína	Promedio
SD	C0	F1	14,2	14,1	SD	C6	F1	12,3	11,7
SD		F2	13,9		SD		F2	10,2	
SD		F3	14,0		SD		F3	12,0	
SD		F4	14,3		SD		F4	12,5	
SD	C2	F1	14,1	12,6	SD	C8	F1	12,0	11,1
SD		F2	13,2		SD		F2	10,5	
SD		F3	12,6		SD		F3	11,0	
SD		F4	10,4		SD		F4	11,1	
SD	C4	F1	12,7	12,4	SD	C10	F1	15,2	12,5
SD		F2	12,4		SD		F2	11,8	
SD		F3	13,1		SD		F3	12,1	
SD		F4	11,6		SD		F4	11,1	

Tabla 3. Contenido de proteínas en los diferentes ciclos de selección, en siembra directa

Y por último analizamos el parámetro de rendimiento obtenido en el año 2012 con los diferentes ciclos de selección.

Ciclo	n° semillas	peso 1000 g	Rto. por m2	Rto./ha (g)	Rto/ha (kg)	Rto/ha (qq)	Pdio. por ciclo
0	27,2	3370,5	91,68	916776	916,776	9,17	9,69
	27,8	3627,5	100,84	1008445	1008,445	10,08	
	29,6	3229	95,58	955784	955,78	9,56	
	31	3215,5	99,68	996805	996,81	9,97	
2	21,3	3074,5	65,49	654868,5	654,87	6,55	9,42
	29,3	2753,5	80,68	806775,5	806,78	8,07	
	23,55	3048	71,78	717804	717,80	7,18	
	33,55	4730,5	158,71	1587082,75	1587,08	15,87	
4	30,25	4593,5	138,95	1389533,75	1389,53	13,90	13,11
	30,25	4328	130,92	1309220	1309,22	13,09	
	38,75	3871	150,00	1500012,5	1500,01	15,00	
	33,75	3091,5	104,34	1043381,25	1043,38	10,43	
6	38,1	4717,5	179,74	1797367,5	1797,37	17,97	15,25
	36,05	3965	142,94	1429382,5	1429,38	14,29	
	32,5	4357,5	141,62	1416187,5	1416,19	14,16	
	30,95	4701,5	145,51	1455114,25	1455,11	14,55	
8	35,5	4606,5	163,53	1635307,5	1635,31	16,35	15,96
	35,95	4718,5	169,63	1696300,75	1696,30	16,96	
	32,85	3975	130,58	1305787,5	1305,79	13,06	
	36,25	4823,5	174,85	1748518,75	1748,52	17,49	
10	29,45	6607	194,58	1945761,5	1945,76	19,46	15,01
	29,35	3693,5	108,40	1084042,25	1084,04	10,84	
	31,2	5543,5	172,96	1729572	1729,57	17,30	
	31,8	3916	124,53	1245288	1245,29	12,45	

Tabla 4. Rendimientos para los diferentes ciclos de selección, año 2012.

Se concluye que a lo largo del programa de mejoramiento, se obtuvieron trigos con mayor rendimiento, mayor contenido de proteínas y de mejor calidad (por encima del 11%) y sin afectar las propiedades del almidón (parámetro evaluado con el RVA).

Luego se compararon trigos comunes (con regular calidad panadera y destino al puerto de Rosario) con los trigos mejorados considerando rendimiento y porcentaje de proteínas, los valores tomados son los del ciclo 8 y 10, y se evaluó la conveniencia económica de incorporar trigos de calidad superior. A continuación se muestra una tabla en la que se comparan las características de dos tipos de trigos.

Características	Trigos comunes	Trigos mejorados
Rendimiento (qq/ha)	15	16
Porcentaje de proteínas (%)	11	12,5
Valor esperado por TN (\$)	970	1008,8

Tabla 5. Valores de comparación para dos tipos de trigo, por rendimiento y porcentaje de proteína.

Los datos (trigos comunes) fueron extraídos de la página de La Bolsa de Cereales de Córdoba para el departamento Río Primero, año 2012.

Por cada punto de incremento en la calidad proteica se bonifica un 2% sobre el precio final y se toma como base para comercializar un porcentaje de proteínas de trigo 10.5 y un PH de 78, según Norma XX, Resolución 1262/2004, calidad de trigo pan para la comercialización (InfoLEG, base de datos del centro de Documentación e Información, Ministerio y Finanzas Públicas)

Para realizar un análisis económico, se consideró un lote de 50 ha, ubicado en Capilla de los Remedios, departamento Río Primero, a una distancia a puerto de Rosario 400 km.

Se cuenta con información del año 2012, año en el que las condiciones agroecológicas fueron particularmente severas para el desarrollo del trigo, confirmado por los bajos rindes, no hay análisis económico con estos rendimientos que permitan un beneficio económico, por lo que se optó por mantener el diferencial de rendimiento entre las variedades, que trepó hasta el 6%, y se lo extrapoló a distintos escenarios posibles para la presente campaña.

Labores (\$/ha)	536
Agroquímicos (\$/ha)	384
Fertilizantes (\$/ha)	1360
Semillas (\$/ha)	440
Cosecha	600
Total	\$3320

Tabla 6. Costos de producción de trigo extraída de econoagro, 2014

Luego se realizó una comparación entre dos tipos de trigo y los costos de comercialización en función del destino.

Tipo de trigo	\$/TN Puerto de Rosario	Gastos de comercialización (flete, sellados, paritarias)/ TN incluido 3% paritarias y sellado. #	Precio final percibido por el productor por tn.
Trigos comunes	\$970*	\$421 (400 Km al puerto de Rosario).	\$549
Trigo mejorado	\$1008,8 (\$970+\$38,8 bonificaciones por calidad)	\$114 (Distancia a molino harinero 50 Km).	\$894,8

Tabla 7. Costos de comercialización en función a la distancia de destino de la mercadería. *Precio pizarra al 24/06/15. Bolsa de Cereales de Córdoba. # No se consideró otros gastos como anticipo de ganancia.

Y por último, utilizamos distintos rindes que se dan con mayor frecuencia en la zona del departamento de Río Primero.

Rindes	20 qq/ha		25 qq/ha		30 qq/ha	
Tipo de trigo	Trigos comunes	Trigos mejorados (+6% de rinde)	Trigos comunes	Trigos mejorados (+6% de rinde)	Trigos comunes	Trigos mejorados (+6% de rinde)
Ingresos (\$) (precio pizarra 24/06/15))	970*2 tn= 1940	\$1008 *2,12 tn= 2137	\$970*2,5t n= 2425	1008*2,65 tn = 2671,2	\$970*3 = 2910	\$1008*3, 18tn= 3205,44
Reintegros (\$)	446,2	514,51	557,75	614,38	669,3	737,25
Total ingresos	2386,2	2651,5	2982,75	3285,55	3579,3	3942,69
Gastos de comercialización (distancia del flete \$/tn*+ 3% de sellado, paritarias, etc)	\$434*2t n= \$867	\$117,42 *2,12= \$248	\$434*2,5 = \$1085	\$117,42*2 ,65 = \$311,16	\$434*3 = 1302	\$117*3,1 8= 372,6
Ingresos neto por ha.	\$1519,2	\$2403,5	\$1897,75	\$2974,39	\$2277,3	\$3570
Costo de implantación	\$3320	\$3320	\$3320	\$3320	\$3320	\$3320
Margen bruto	\$-1800,8	\$-916,6	\$-1422,5	\$-345,61	\$-1042,7	\$250

Tabla 8. Comparación de márgenes de diferentes trigos y rindes.

*Costos de transporte extraídos de cuadro tarifario de transporte de carga agrícola de la provincia de Cba. Resolución N°46 B.O.P.C-Anexo 1: Tarifas orientativas (Sociedad acopiadores de granos de la provincia de Córdoba).

#Los reintegros son las devoluciones de la recaudación por el Estado como retenciones (decreto 516/2013), a aquellos productores que produzcan y declaren menos de 700 tn.

Trigos de mejor calidad, a productores de la región Río Segundo, les permite vender su producción en molinos harineros de la zona (Río Segundo, Villa del Rosario, Arroyito, Córdoba etc.) significando el costo de flete mucho menor, menos del 70%, que si su destino fuese al puerto.

MB	25 qq/ha.	Lote de 50 ha	30 qq/ha	Lote de 50 ha
Trigo común	\$-1800,8	\$-90.040	\$-1422,5	\$-71.125
Trigo mejorado	\$-345,61	\$-17280,5	\$250	\$12500

Tabla 9. Márgenes brutos de diferentes variedades de trigo, común y mejorado

Los márgenes para los trigos comunes son negativos, mientras que para los trigos mejorados, son positivos, ya que en un lote de 50 has. es posible obtener, con rinde de 30 qq/ha, un margen bruto de \$12.500.

Además es necesario remarcar algunas de las ventajas agronómicas que tiene el incorporar al trigo en las rotaciones:

- Competir con las malezas evitando la aplicación de herbicidas para mantener los lotes libres de las malezas, considerando que cada vez son más resistentes y los costos se elevan. (Se ahorran \$216/ha + el costos de pulverización, \$50 por ha). en aplicaciones de herbicidas para controlar malezas resistentes, que serían necesarios aplicar para el siguiente cultivo).(precios extraídos revista márgenes agropecuarios, mayo 2015)
 - Ayuda a autofinanciar el siguiente cultivo (soja)
 - Conservar el suelo, secuestrando carbono y aportando de materia orgánica al suelo.
 - Aprovechar la posibilidad de almacenar en forma diferenciada en silos bolsa los trigos según su grupo, calidad de harinas etc. a fin de poder comercializarlos en forma particular.

CONSIDERACIONES FINALES

- El estudio de la cadena permitió conocer el nicho en el que se puede colocar la producción con calidad diferenciada, haciendo factible y rentable la explotación de trigo en la campaña 2015.
- Se pudo determinar que la selección recurrente presenta una excelente potencialidad para en el mejoramiento genético del trigo, ya que mejora el rendimiento y la calidad panadera sin modificar las propiedades del almidón.
- Se subraya la necesidad de sembrar trigos de grupo 1, ya que presenta beneficios en forma de bonificaciones por tenor proteico por parte de la industria.
- Se conoce que por medio del análisis de algunas variables de los test predictivos, se puede evaluar la calidad de la producción y de este modo ser comercializada en molinos que se encuentren en la zona, disminuyendo los costos de flete.
- Y finalmente se concluyó que cultivando trigos mejorados por calidad y rendimiento, no solo obtengo un beneficio económico por esto, sino que también se puede obtener beneficios agronómicos extras para la siembra siguiente.

BIBLIOGRAFÍA

Acreche, M.M., and Slafer, G.A. 2009. Variation of grain nitrogen content in relation with grain yield in old and modern Spanish wheats grown under a wide range of agronomic conditions in a Mediterranean region. *The Journal of Agricultural Science* 147: 657–667.

Altenbach, S.B., F.M. DuPont, K.M. Kothari, R. Chan, E.L. Johnson and D. Lieu. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in US Spring Wheat. *Journal of Cereal Science*, 37, 9-20

Arfvidsson, C., K.-G. Wahlund and A.C. Eliasson. 2004. Direct molecular weight determination in the evaluation of dissolution methods for unreduced glutenin. *Journal of Cereal Science*, 39: 1–8.

Bregitzer, P., A.E. Blechl, D. Fiedler, J. Lin, P. Sebesta, J.F. De Soto, O. Chicaiza and J. Dubcovsky. 2006. Changes in high molecular weight glutenin subunit composition can be genetically engineered without affecting wheat agronomic performance. *Crop Science*, 46: 1553-1563.

Cadenas agroalimentarias, revista Alimentos Argentinos, 1996.

CODEX, capítulo ix, art. 661, Alimentos Farináceos, Cereales, Harinas y derivados.

Cuniberti, M., 2004. Propuesta de clasificación del trigo argentino. *Revista IDIA-INTA* 6:21-25

Daniel, C. and E. Triboi. 2000. Effect of temperature and Nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *Journal of Cereal Science*. 32: 45-56.

Destinos de la Harina para Consumo Interno, 2007. Fuente SAGyPA

Dupont, F, Alterbach, S., 2003. Molecular and biomedical impacts of environmental factor on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of cereal science*, 38: 133-146.

Evans, L.T. and W.J. Peacock (Eds). 1981. *Wheat Science. Today and tomorrow*. Cambridge University Press, pp 304. Ev

Ferreras Charro, R. 2008. Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo. Universidad de Salamanca.

García F, 2003. Calidad en Trigo. Unidad integrada INTA FCA Balcarce.

Gaines CS. 2000. Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles. *Cereal Foods World*, 45: 303-306. Hosney C. 1994. *Principles of Cereal Science and*

Technology, Second Edition. Editado por Hosney, C. American Association of Cereal Chemists, USA.

Garzón J M, 2012. Tendencias y Oportunidades para la Cadena del Trigo en los Mercados de Latinoamérica. IERAL de Fundación Mediterránea. Pag. 2
Indrani D, Rao GV. 2007. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of parotta. Journal of Food Engineering, 79: 100-105.

Gomez Pallares, M; León A, Rosell C, M. 2007. Trigo. En: De tales harinas, Tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica, León A E, Rosell (Ed.) Hugo Báez Editor. Pag.17-72

Hrusjkova, M., I. Svec and O. Jirsa. 2006. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. Journal of Food Engineering, 77: 439– 444.

INFOSTAT (InfoStat, versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Kent, N.L. 1984. Technology of Cereals, Pergamonn Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford, England.

MacRitchie, F. 1999. Wheat proteins: characterization and role in flour functionality. Cereal Foods World, 44: 188-193.

Muro Ventura, J, 2013. Principales Aspectos de la Cadena Agroproductivo del trigo, Ministerio de agricultura del Perú.

Protein AACC on line Review.

Rey Kelly J., 2010, Comercio mundial del trigo con especial énfasis en los entes semipúblicos y privados vinculados a su comercialización Experiencias de Canadá, Australia, EEUU, UE y Argentina, Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario.

Satorre, E.; Benech Arnold, R; Slafer, G.; de la Fuente, E.; Mirales, D.; Otegui, M. y Savin, R. Características físicas, químicas de los granos y usos principales. Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Pág. 18.

Stauffer, C.E. 1990. Functional Additives for Bakery Foods. Published by Van Nostrand Reinhold, New York. Ch. 3, 5 y 11.

Turnbull, K.M. and S. Rahman. 2002. Endosperm texture in wheat. Journal of Cereal Science, 36, 327-33.

Uhlen, A. K., S. Sahlstrom, E.M. Magnus, E.M. Færgestad, J.A. Dieseth and K. Ringlund. 2004. Influence of genotype and protein content on the baking quality of hearth bread. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84:887-894.

Veraverbeke, W.S. and J.A. Delcour. 2002. Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 42(3):179–208.

Wagner, M.J., T. Lucas, D. Le Ray and G. Trystram. 2007. Water transport in bread during baking. *Journal of Food Engineering* 78: 1167–1173.

Wieser, H. 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*. 24: 115-11

Williams, P. 1998. Variety development and quality control of wheat in Canada. Conference paper. Canadian Grain Commission.

<http://www.acopiadorescba.com/secciones.php?s=11170>

<http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/100000-104999/102083/norma.htm>MinAgri.www.alimentosargentinos.gov.ar.

<http://supercampo.perfil.com/2015/03/retenciones-segmentadas-a-quienes-alcanzan-y-como-acceder>

<http://www.bccba.com.ar/>

ANEXOS

Tabla de datos obtenidos de RVA

Muestra	Siembra	Repetición	Viscosidad de pico	Viscosidad de caída	Estabilidad	Viscosidad final	Retrogradación	Peak Time	Temp. Pasting
C0-1	SC	1	1760	1155	605	2380	1225	5,8	67,9
C0-1	SC	2	1761	1179	582	2422	1243	5,9	86,4
C0-2	SC	1	1756	1166	590	2330	1164	5,7	86,4
C0-2	SC	2	1769	1186	583	2369	1183	5,8	67,9
C0-3	SC	1	1610	966	644	2095	1129	5,7	65,2
C0-3	SC	2	1663	1047	616	2230	1183	5,7	67,8
C0-4	SC	1	1974	1259	715	2509	1250	5,8	66,0
C0-4	SC	2	2041	1295	746	2569	1274	5,7	66,2
C2-1	SC	1	6410	3084	3326	6158	3074	5,7	63,6
C2-1	SC	2	5565	2702	2863	5609	2907	5,8	64,3
C2-2	SC	1	1430	831	599	1845	1014	5,4	67,6
C2-2	SC	2	1451	831	620	1820	989	5,3	67,0
C2-3	SC	1	1460	878	582	1748	870	5,2	66,0
C2-3	SC	2	1440	874	566	1752	878	5,1	66,1
C2-4	SC	1	2016	1387	629	2592	1205	5,7	65,2
C2-4	SC	2	2046	1399	647	2612	1213	5,7	66,1
C4-1	SC	1	1705	1057	648	2240	1183	5,4	64,3
C4-1	SC	2	1737	1070	667	2259	1189	5,4	65,3
C4-2	SC	1	1338	853	485	1742	889	5,3	66,9
C4-2	SC	2	1338	853	485	1742	889	5,3	66,9
C4-3	SC	1	1423	898	525	1864	966	5,5	74,4
C4-3	SC	2	5739	3112	2627	5975	2863	5,9	64,5
C4-4	SC	1	1200	497	703	1288	791	5,3	66,8
C4-4	SC	2	1126	447	679	1158	711	5,2	67,9
C6-1	SC	1	1969	1286	683	2485	1199	5,9	66,8
C6-1	SC	2	2028	1305	723	2544	1239	5,8	66,1
C6-2	SC	1	1978	1293	685	2472	1179	5,9	87,1
C6-2	SC	2	2025	1336	689	2519	1183	5,9	86,4
C6-3	SC	1	1835	1277	558	2588	1311	5,7	64,3
C6-3	SC	2	1834	1315	519	2565	1250	5,9	65,2
C6-4	SC	1	2024	1374	650	2610	1236	5,7	65,2
C6-4	SC	2	2053	1378	675	2601	1223	5,8	66,1
C8-1	SC	1	1601	974	627	1981	1007	5,4	65,2
C8-1	SC	2	1607	989	618	2008	1019	5,3	65,2
C8-2	SC	1	1627	939	688	1883	944	5,4	65,3
C8-2	SC	2	1625	939	686	1884	945	5,5	66,1
C8-3	SC	1	2244	1400	844	2592	1192	5,9	66,1
C8-3	SC	2	2292	1416	876	2599	1183	5,8	66,1
C8-4	SC	1	1633	964	669	1938	974	5,3	65,2
C8-4	SC	2	1664	944	720	1929	985	5,3	65,2
C10-1	SC	1	1754	1199	555	2475	1276	5,8	67,8
C10-1	SC	2	1714	1195	519	2443	1248	5,8	85,6
C10-2	SC	1	1731	1207	524	2303	1096	5,7	67,0

C10-2	SC	2	1764	1219	545	2334	1115	5,5	66,0
C10-3	SC	1	1773	1139	634	2192	1053	5,3	64,3
C10-3	SC	2	1846	1146	700	2197	1051	5,3	65,2
C10-4	SC	1	1639	911	728	1833	922	5,3	66,1
C10-4	SC	2	1670	926	744	1881	955	5,2	65,2
C0-1	SD	1	3024	1907	1117	3730	1823	6,1	65,3
C0-1	SD	2	3019	1929	1090	3728	1799	6,1	65,3
C0-2	SD	1	2957	1850	1107	3685	1835	6,1	65,2
C0-2	SD	2	2851	1791	1060	3566	1775	6,2	66,1
C0-3	SD	1	3025	1918	1107	3783	1865	6,1	65,3
C0-3	SD	2	2900	1860	1040	3670	1810	6,1	66,0
C0-4	SD	1	2900	1813	1087	3553	1740	6,1	65,3
C0-4	SD	2	2893	1804	1089	3570	1766	6,1	66,1
C2-1	SD	1	1912	1247	665	2521	1274	5,5	67,8
C2-1	SD	2	1930	1257	673	2553	1296	5,5	67,8
C2-2	SD	1	1738	1125	613	2327	1202	5,4	84,8
C2-2	SD	2	1713	1139	574	2329	1190	5,5	85,5
C2-4	SD	1	2064	1436	628	2758	1322	5,5	65,2
C2-4	SD	2	2033	1446	587	2768	1322	5,6	66,0
C4-1	SD	1	1766	1214	552	2368	1154	5,3	65,3
C4-1	SD	2	1766	1214	552	2368	1154	5,3	65,3
C4-2	SD	1	1609	1112	497	2230	1118	5,4	85,6
C4-2	SD	2	1653	1144	509	2293	1149	5,3	84,8
C4-3	SD	1	2055	1386	669	2788	1402	5,8	86,3
C4-3	SD	2	5617	3111	2506	5921	2810	6,0	64,4
C4-4	SD	1	2440	1207	1233	2742	1535	5,7	66,2
C4-4	SD	2	2405	1183	1222	2761	1578	5,7	65,2
C6-1	SD	1	2165	1460	705	2863	1403	5,8	67,7
C6-1	SD	2	2163	1456	707	2851	1395	5,9	67,8
C6-2	SD	1	3495	2087	1408	3981	1894	6,1	69,4
C6-2	SD	2	3531	2114	1417	4072	1958	6,1	68,7
C6-3	SD	1	5543	3284	2259	6240	2956	6,1	62,6
C6-3	SD	2	5323	3179	2144	6054	2875	6,0	63,5
C6-4	SD	1	1943	1390	553	2679	1289	5,8	67,8
C6-4	SD	2	1976	1385	591	2689	1304	5,7	66,9
C8-1	SD	1	2002	1407	595	2766	1359	5,7	66,1
C8-1	SD	2	1992	1397	595	2774	1377	5,8	67,8
C8-2	SD	1	1887	1185	702	2358	1173	5,5	66,1
C8-2	SD	2	1886	1192	694	2366	1174	5,4	65,2
C8-4	SD	1	1997	1215	782	2491	1276	5,4	65,1
C8-4	SD	2	2020	1242	778	2533	1291	5,5	65,2
C10-1	SD	1	1903	1358	545	2666	1308	5,9	87,2
C10-1	SD	2	1920	1368	552	2656	1288	5,9	86,3
C10-3	SD	1	1888	1276	612	2444	1168	5,4	66,1
C10-3	SD	2	1902	1280	622	2468	1188	5,5	66,0
C10-4	SD	1	1743	1069	674	2194	1125	5,3	66,2
C10-4	SD	2	1760	1070	690	2190	1120	5,2	66,0