

# CAPÍTULO 13

## Trigo fideo

*Ana Carolina Castro*

### Origen

El **trigo fideo** o trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) es una gramínea muy antigua originaria del Norte de África y las costas del Mediterráneo cuyo origen filogenético ha sido descrito en el capítulo correspondiente a trigo pan.

### Características morfológicas del trigo fideo

El trigo fideo tiene un porte que es generalmente erecto, posee raíces primarias (seminales) y secundarias (adventicias) de mayor diámetro. Ambos tipos de raíces son fibrosas. Los tallos miden entre 75 a 150 cm, con 5 o 6 entrenudos bien desarrollados, huecos con paredes engrosadas y más o menos macizos en los últimos entrenudos. Las hojas son glabras, verde amarillentas o azuladas, con aurículas no pilosas que lo diferencia del trigo pan. Las espigas son aristadas, con raquis tenaz, de sección más o menos cuadrada, largas, de densidad variable según el cultivar (entre 20-47 espiquillas en 10 cm). (Fig. 13.1), generalmente más compactas que las de trigo pan.



*Fig. 13.1. Espigas de trigo fideo.  
(Foto gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).*

Las glumas son más largas que en trigo pan, relativamente flojas, blancas, rojizas o negras; quilla muy pronunciada en la base, pudiéndoles faltar el hombro. Las aristas pueden tener hasta 20 cm, blancas o negras, siendo éstas más comunes en climas secos y luminosos; son rectas y más o menos paralelas. Los granos son largos, angostos, comprimidos lateralmente, con curso prominente, predominando las formas de sección triangular, con un peso de mil granos aproximado de 55 g. El endosperma es muy duro, traslúcido, de fractura vítrea y con el embrión largo (Fig. 13.2) (Jensen & Cabral, 2001a).



*Fig. 13.2. Granos de trigo fideo.  
(Foto gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).*

## **Producción y consumo de trigo fideo en el mundo**

Los grandes productores de trigo fideo a nivel mundial se destacan por generar una propuesta de valor a sus clientes, en términos de ofrecer un trigo de características bien definidas y de calidad muy homogénea lo que asegura una materia prima estandarizada para el proceso productivo, reduciendo costos de acondicionamiento del grano, que son muy comunes en el caso de trigo fideo de menor calidad u homogeneidad. Para cumplir con la propuesta de valor, los oferentes realizan una adecuada clasificación de la producción de fideo y dentro de cada clase generan un sistema de graduación que acota niveles de proteína, gluten, vitreosidad del grano, entre otros, lo que asegura al comprador que está adquiriendo los atributos físicoquímicos que requiere. Canadá y Estados Unidos que concentran un 45% y 10% respectivamente de la participación de mercado a nivel mundial, son los mejores ejemplos de sistemas de clasificación para trigo fideo.

Según la International Pasta Organisation (2018) los principales países productores de pastas secas y frescas son Italia, Estados Unidos, Turquía, Rusia, Brasil, Irán, Argentina (Fig. 13.3A). En Argentina, en 2019 se produjeron 348031 toneladas de pastas alimenticias. La

misma fuente informa los países con mayor consumo de pastas secas y frescas en kg por habitante por año (Fig. 13.3B). En Argentina, en 2019 el consumo fue de 8,54 kg por habitante por año (UIFRA, 2020).

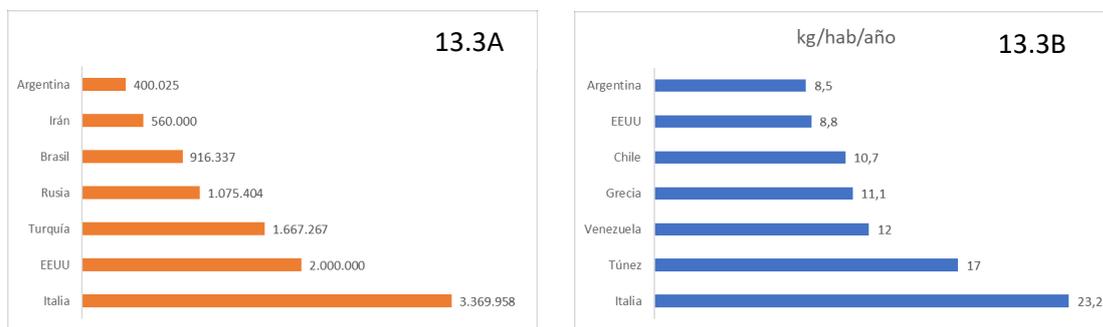


Fig. 13.3A. Principales países productores de pastas alimenticias (toneladas secas y frescas) en 2018.

Fig. 13.3B. Ránking de países con mayor consumo de pastas (kg/habitante/año) en 2018.

El mercado del trigo fideo a nivel mundial se asocia principalmente a su consumo para la elaboración de pastas y couscous (gránulos de semolina de trigo candeal) y fluctúa en torno a 7 millones de toneladas anuales, siendo los principales polos de consumo la Unión Europea (gran consumidor de pastas) y el norte de África (Argelia, Túnez, Marruecos, Libia, etc) grandes consumidores de couscous, grano entero, trigo burgol, frekeb y chapattis (Kezih *et al.*, 2014). Si bien el mercado no muestra un alto dinamismo en términos de su evolución, existe una demanda estable, muy asociada a la oferta de grano a nivel mundial, lo que genera que el producto presente las características de trigo *Premium* por sus características únicas para la generación de sus productos derivados, presentando un importante diferencial de precios respecto a trigos de panificación comunes.

Dentro de América Latina, Perú y Venezuela presentan volúmenes de importación atractivos, que sumados podrían estar anualmente en torno a las 500.000 toneladas. En todo el mundo se producen anualmente alrededor de 14 millones de toneladas de pasta seca, de las cuales un 25% corresponde a Italia y un 0,7% a la Argentina. A nivel regional, nuestro país ostenta el segundo lugar como mayor fabricante de pasta en Latinoamérica, detrás de Brasil y superando a México.

## El cultivo de trigo fideo en Argentina

El trigo fideo fue introducido en Argentina, en el sur de la provincia de Buenos Aires, principalmente en el Partido de Tres Arroyos, por inmigrantes italianos en la década de 1920/30. En la campaña 1969/70, Argentina contaba con una superficie sembrada superior a 400.000 ha, y ocupaba el tercer lugar en el mundo como exportador, con una producción de 760.000 t que representaba entre el 6 y 8,5% del total nacional de trigo. El principal importador era Italia, con exigencias específicas de calidad que se cumplían sin problemas (Seghezzeo, 2014).

En el período 1976 a 1978 se produjeron ataques de *Fusarium* que disminuyeron la producción bruscamente. Además, con la incorporación del germoplasma mexicano, se incorporaron cultivares de trigo pan de ciclo corto con buen rendimiento que desplazaron al trigo fideo y el reemplazo de cultivares de buena productividad, pero menor calidad. Esto causó una disminución de la superficie dedicada a trigo fideo (Seghezzo, 2014). Según datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación (2021), el promedio nacional de la superficie sembrada en los últimos cinco años fue de 65.647 ha y la producción rondó las 192.435 t/año, también promedio del último lustro con un rendimiento de 3107 kg/ha.

## Zonas de cultivo en Argentina y variedades de trigo fideo

El área de cultivo se extiende desde el sudeste hasta el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y parte de La Pampa (subregiones trigueras IV y V Sur), representando una opción interesante para los productores (Informe Institucional Trigo, 2016). La región IV es triguera por excelencia, en ella se obtienen rendimientos estables y buena calidad industrial. En la precosecha o durante la misma pueden ocurrir lluvias originando el defecto grano lavado. La región V Sur presenta variabilidad climática dada por la distribución irregular de las lluvias, temperaturas extremas y vientos que pueden afectar la calidad (Molfese & Fritz, 2020).

Tradicionalmente en la provincia de Buenos Aires se distinguen tres zonas, sudeste, centro sur y oeste, que poseen diferentes características agroclimáticas (Carbajo *et al.*, 2001). Los partidos de Coronel Dorrego y Tres Arroyos (área centro sur) representan la mayor superficie ocupada con este cultivo respecto de las otras zonas (Forján & Manso, 2016). Hace unos años, se incorporó superficie de cultivo bajo riego en la provincia de San Luis, y también en las provincias de Tucumán y Salta, debido a la instalación de un molino y fábrica de pastas, que utilizan al candeal como insumo para la elaboración de sus productos (Molfese *et al.*, 2017).

La producción es habitualmente inferior a la de trigo pan y según el Instituto Nacional de Semillas (INASE, 2021) se dispone de 13 variedades comerciales aprobadas por el Comité de Cereales de Invierno de la CONASE (Comisión Nacional de Semillas). Recientemente, el Ministerio de Desarrollo Agrario junto al INTA registraron dos nuevas variedades de trigo fideo, denominadas Bonaerense MDA INTA Charito y Bonaerense MDA INTA Galpón, que fueron desarrolladas en la Chacra Experimental Integrada (CEI) Barrow y estarán disponibles en mayo 2021 para ser adquirida por los productores (Desarrollo Agrario/Noticias, 2021). Ambas variedades poseen buena adaptabilidad para la zona triguera y tolerancia a estrés biótico y abiótico. Además, tienen buena calidad industrial para la industria fideera.

## Requerimientos ecológicos del cultivo

El trigo fideo es un cultivo de ciclo invernal, que en la región triguera argentina se siembra desde julio a mediados de agosto y se cosecha en diciembre. Al ser un cultivo originario de

regiones que poseen un régimen de precipitaciones medias a bajas (500 mm/año o menos) posee buen comportamiento frente a la baja disponibilidad hídrica. Es sensible a las heladas. Requiere inviernos suaves y húmedos, combinados con días secos y soleados especialmente en la etapa de llenado de grano. Esto favorece la producción de granos de alta calidad (Jara Podestá, 2011).

## Ciclo del cultivo

El ciclo de este cultivo es intermedio-corto y comprende las siguientes etapas descritas por Jensen & Carbajo (2001b):

**Germinación:** En condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxígeno, la semilla de trigo fideo comienza a germinar dentro de las 24- 48 h. Los granos de endosperma vítreo, como el trigo fideo, absorben agua más lentamente, pero en mayor cantidad que los granos de trigo pan con endosperma más blando. El embrión se dilata, rompe el pericarpio y a partir de ahí se desarrolla la radícula. Una vez constituido el sistema de raíces seminales, éstas se extienden rápidamente comenzando con su función de absorción; simultáneamente se desarrolla la plúmula que dará origen a la parte aérea de la planta.

**Emergencia:** Desde la siembra a la emergencia transcurren entre 10 a 20 días dependiendo de las condiciones ambientales y del suelo. A partir de la emergencia, la planta despliega sus primeras hojas y comienza a realizar fotosíntesis.

**Macollaje:** con la aparición de la cuarta hoja, emergen de la base del tallo principal, originadas de yemas adventicias ubicadas en las axilas de las hojas. Este período es muy variable dependiendo de las condiciones ambientales (30-40 días) y finaliza con la diferenciación del ápice del primordio de la espiga.

**Encañazón:** el primordio de la espiga se desarrolla simultáneamente con la elongación de los entrenudos y el consiguiente alargamiento del tallo.

**Vaina engrosada:** Aparece la hoja superior (hoja bandera), su vaina está hinchada por la espiga que se hace evidente.

**Espigazón y floración:** En esta etapa emerge la espiga y culmina la diferenciación de órganos florales. A los pocos días de la emergencia de la espiga, se produce la floración (anthesis). El trigo fideo tiene autofecundación, aunque puede ocurrir fecundación cruzada dependiendo de las condiciones ambientales. Esta etapa es muy sensible a temperaturas altas y bajas, déficit hídrico, exceso de humedad, deficiente disponibilidad de nutrientes y factores bióticos, especialmente hongos que producen enfermedades tales como escudete negro y fusariosis.

**Llenado de grano y madurez:** Una vez producida la autofecundación, el ovario crece rápidamente en tamaño y se desarrolla el grano (cariopse). Las reservas acumuladas en los tallos y hojas se remobilizan a la espiga. La acumulación de sustancias de reserva (proteínas y almidón) aumentan rápidamente el peso del grano. Mientras existan tejidos verdes la planta continúa absorbiendo nutrientes y llenando el grano. El pasaje de sustancias de reserva al grano

finaliza cuando el pedúnculo de la espiga se torna de color amarillo alcanzando así la madurez fisiológica. Finalmente, la planta comienza a secarse progresivamente. Las temperaturas elevadas, falta de humedad y elevada radiación solar acortan este período, mientras que se prolonga en condiciones de alta humedad, temperaturas bajas y días nublados. Cuando el grano tiene una humedad inferior al 15% se considera la madurez comercial o de cosecha (Jensen & Carbajo (2001b).

## **Características deseables en el grano de trigo fideo**

El tamaño del grano debe ser grande y uniforme para asegurar una alta relación endosperma/cáscara y por consiguiente buen rendimiento. Los trigos con mayores pesos hectolítricos y con mayores pesos de mil granos indicarán buen rendimiento de sémola. La vitreosidad y la dureza del grano garantizan altos rendimientos de sémola. Un grano con germen grande y protuberante facilitará su remoción en el proceso de molienda, ya que la presencia de éste le confiere a la sémola grasa y opacidad. La presencia de la enzima lipoxigenasa puede oxidar los carotenos alterando el color amarillo típico.

Se busca un alto contenido de proteína ya que le confiere al producto terminado (pasta) propiedades como buen color, textura, firmeza y baja pegajosidad, principalmente (Seghezzo, 2014). El color amarillo ámbar dado por la presencia de pigmentos carotenoides es una cualidad valorada. En general el grano de trigo fideo se compone de un 12% de proteína, 2% de cenizas, 2% de lípidos, 14% de agua, 67% de almidón y azúcares y 3% de celulosa.

## **Diferencias principales entre trigo pan y trigo fideo**

### **Genéticas**

Las dos especies presentan características genéticas bien distintas siendo la más importante el número de cromosomas, 28 en el trigo fideo, 42 en el trigo pan. Genéticamente, el trigo fideo es tetraploide, mientras que el trigo pan es un individuo hexaploide.

### **Morfológicas**

El trigo pan tiene una estructura harinosa en su grano mientras que el trigo fideo tiene una estructura vítrea lo que hace que sus granos difieran en su dureza y que en la molienda se obtengan dos productos bien diferentes: harina blanca, pulverulenta del trigo pan y sémola de granulometría más gruesa y color amarillo en el trigo candeal (Fig. 13.4).



Fig. 13.4: Granos de trigo pan (izquierda) (Foto propia) y granos de trigo fideo (derecha). (Foto gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).

### En el proceso de molienda

Aunque ambas especies se destinan al consumo humano, la tecnología de transformación y el producto final obtenido son muy distintos. A nivel de la molienda el proceso depende de las características del grano y del producto que se quiere obtener, así como de la configuración del molino. La molienda del trigo pan se realiza con menor presión, pero se tamiza con dificultad, a diferencia del trigo fideo que requiere mayor presión, pero se facilita su tamizaje. Desde el punto de vista de la molturación en el trigo fideo predomina el uso de cilindros estriados, caso contrario del trigo pan. Los ajustes del molino y equipos complementarios deben ajustarse a las propiedades de los trigos y teniendo en cuenta el objetivo a producir: harina panificable y sémola para elaboración de pastas. De la molienda del trigo pan se obtiene harina blanca y pulverulenta, de una granulometría aproximada de 180 micrones y de la de trigo fideo se obtiene una sémola de granulometría gruesa (300-500 micrones) y de color amarillo.

### En la composición proteica

Las proteínas de reserva del endosperma se clasifican en gliadinas y gluteninas. Las gliadinas son proteínas monoméricas y se subdividen en cuatro grupos:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\omega$ . Las subunidades de gluteninas están unidas por enlaces disulfuro intermoleculares y se subdividen en aquellas de bajo peso molecular y alto peso molecular (Carrillo *et al.*, 2000). La importancia del estudio de estas proteínas radica en que el tamaño, estructura y distribución se asocian con las características de las masas (Seghezzeo, 2014).

Estudios sobre la composición de las gliadinas encontraron que las gliadinas:  $\gamma$ -gliadina ( $\gamma$ -45) y  $\gamma$ -gliadina ( $\gamma$ -42) son marcadores genéticos para buena y pobre calidad de pasta respectivamente (Kosmolak *et al.*, 1980; Du Cros *et al.*, 1982). Por otro lado, las subunidades de gluteninas de bajo peso molecular ligadas estrechamente a las  $\gamma$ -gliadinas son responsables en las diferencias de viscoelasticidad del gluten de los trigos duros (Payne *et al.*, 1984).

La dureza del grano está definida por el grado de adhesión entre los gránulos de almidón y la matriz proteica. Esta interacción está regulada por el complejo de proteínas friabilina que incluye puroindolinas A (pinA) y B (pinB). Las puroindolinas se unen a los lípidos polares de la superficie del gránulo de almidón y de los cuerpos proteicos en el endosperma limitando las interacciones almidón/proteína. La textura más suave del endosperma del trigo pan se debe a la presencia de ambos tipos de alelos de puroindolinas. La mutación de cualquiera de ellos se

asocia con una textura más dura. Las pinB están ausentes o son escasas en los trigos durum (Seghezzo, 2014).

### **En las características reológicas**

La distinta composición de las proteínas de reserva es la razón que determina el producto final que se obtiene con una u otra materia prima. La composición y la cantidad de las proteínas de reserva del endosperma en trigo fideo influyen notoriamente sobre las propiedades reológicas de la masa y la calidad de las pastas (Sissons *et al.*, 2005). El alto contenido de proteína incrementa la calidad de la sémola ya que las cadenas de polipéptidos son más numerosas y las posibilidades de interacción entre las proteínas para formar una red son mayores (Seghezzo & Molfese, 1999).

En trigo fideo, los glútenes blandos, pegajosos y muy extensibles están asociados a un alto contenido de gliadina, que es cohesiva, pero con baja elasticidad y ocasionan una pobre firmeza del fideo. Aquellos que sean firmes, elásticos y moderadamente extensibles poseen un alto contenido de gluteninas y tienen la tendencia a mostrar una buena calidad de cocción (Seghezzo & Molfese, 1999). La masa que se logra con el trigo pan presenta, en general, buena extensibilidad y tenacidad media/baja, mientras que la que se obtiene del trigo candeal se caracteriza por la elevada tenacidad y una extensibilidad menor. Una buena tenacidad del gluten ayuda a retener el almidón dentro del fideo evitando la formación de una pátina superficial y modera la absorción de agua permitiendo un buen comportamiento en la cocción.

### **Características de las pastas elaboradas con trigo fideo que lo distinguen del trigo pan**

El trigo fideo contiene más carotenoides que el trigo pan, por lo que le dará un color amarillo ámbar. Presenta alta tenacidad y baja extensibilidad, lo cual es más apropiado para el proceso de fabricación y para las propiedades finales de las pastas. También, requieren menos agua que el trigo pan para formar la masa. Las pastas elaboradas con trigo fideo son más estables en la cocción (no se desintegran al hervir) de igual forma son más resistentes a la sobrecocción. No liberan almidón, por lo que son de baja pegajosidad dándole un buen comportamiento al plato. Poseen menor índice glucémico (42-50) con respecto a la glucosa o al pan blanco (IG 69) con lo cual resulta una ventaja saludable ya que los carbohidratos son digeribles lentamente (Paladino *et al.*, 2014). El índice glucémico mide la rapidez con la que los carbohidratos elevan el azúcar en la sangre.

## **Evaluación de la calidad en trigo fideo**

La calidad del trigo fideo se define para los diferentes sectores de la cadena productiva. El productor busca rendimiento, resistencia a enfermedades y robustez del tallo. El molinero desea alto rendimiento semolero, fuerza de gluten, buen color de sémola y bajo contenido de cenizas. Los elaboradores de pastas aprecian el color, sabor, aroma y comportamiento en la cocción y los consumidores valoran un producto inocuo, saludable y de alto valor nutricional.

## Factores que influyen sobre la calidad

La calidad se genera en todo el ciclo del cultivo, pero principalmente todo lo que ocurra durante el llenado de grano será clave para definir la calidad ya que en ese momento se acumulan las proteínas formadoras del gluten. Las temperaturas superiores a los 25-30 °C y baja humedad relativa durante el llenado de grano producen acortamiento del período que se traduce en granos chuzos, con menor rendimiento molinero y modificación en la composición de las proteínas, con la consiguiente reducción en la calidad. Contrariamente, si las temperaturas son bajas, hay nubosidad y alta humedad relativa durante el llenado de grano, el ciclo se alargará y el grano acumulará más hidratos de carbono. Esto produce el grano panza blanca que tiene gran contenido de almidón y menos contenido proteico. Las masas son más tenaces con mayor P/L. El grano panza blanca es opaco y harinoso y disminuye las características vítreas del grano de trigo fideo, siendo más castigado en la comercialización que en trigo pan.

Por otro lado, cuando el grano de trigo recibe agua de lluvia previa a la cosecha, la absorbe, se hincha, y al secarse nuevamente no recobra su tamaño original. Este defecto recibe el nombre de “grano lavado” Esto provoca fracturas internas que disminuyen la densidad del grano, peso hectolítrico, afectando así el rendimiento molinero (Brach, 2012). La calidad no se ve afectada. Asimismo, las precipitaciones en precosecha pueden producir brotado aumentando la cantidad de enzima alfa amilasa, lo que licua el almidón y resulta en trigos que darán masas pegajosas.

### Enfermedades y sus consecuencias en la calidad del grano

Las enfermedades del trigo fideo se pueden presentar durante todo el ciclo de cultivo y son comunes con las de trigo pan mencionadas en el capítulo correspondiente, variando solamente en la severidad y daños que producen. En general, hay buen comportamiento a las royas y los mayores problemas se presentan con la mancha de la hoja y, fundamentalmente la fusariosis ya que el trigo fideo es más susceptible a este patógeno.

## Enfermedades en los granos

### Escudete negro

Los patógenos responsables son *Alternaria sp* y *Fusarium graminearum* acompañados por *Bipolaris sorokiniana*, *Curvularia sp*, *Cladosporium sp*, *Epicoccum sp* etc. El síntoma consiste en un manchado pardo o negro que se localiza principalmente en el germen del grano, aunque también puede extenderse al área circundante y al surco. Los niveles de infección varían entre localidades y años, en respuesta a las condiciones ambientales. Esta enfermedad es más seria con lluvias frecuentes y períodos prolongados de rocío o humedad relativa superior al 60% y temperaturas medias superiores a 17°C desde floración y durante el desarrollo del grano.

Esta enfermedad afecta seriamente la calidad del grano destinado a la industria semolera y fideera. En los productos de la molienda se observa un aumento indeseable de partículas coloreadas. Estas se transfieren a las sémolas y productos elaborados a partir de ellas, afectando negativamente la calidad (Storm, 2011).

### **Caries o Carbón**

Existen dos enfermedades: Carbón volador (*Ustilago tritici*) y Carbón hediondo (*Tilletia sp.*). El primero ataca la espiga, la destruye dejándola transformada en una masa pulverulenta color verde oscuro que se deshace fácilmente dejando el raquis pelado. En el segundo caso, las esporas del hongo acompañan a la semilla durante el crecimiento de la planta hasta atacar al nuevo grano cuando se forma. El grano queda más redondeado, recubierto por una película blanquecina que contiene una masa de color negro, muy frágil, que se rompe fácilmente, dándole color gris a la harina y un olor desagradable que es castigado en la comercialización (Astiz Gasso, 2014).

### **Golpe blanco o Fusariosis de la espiga**

Se considera la enfermedad más importante en trigo fideo debido a su efecto perjudicial en la producción de grano y seguridad alimentaria. Como produce granos arrugados y livianos, a menudo con zonas rojas o rosas, esta enfermedad reduce el rendimiento de grano y la calidad de la molienda. La acumulación de micotoxinas reduce la calidad comercial del grano, planteando un riesgo para la salud humana y disminuye la fecundidad y ganancia de peso en los animales. *Fusarium graminearum* y *Fusarium culmorum* son las dos especies de hongos consideradas más patógenas. Las precipitaciones durante la floración y el desarrollo del grano favorecen la ocurrencia de la enfermedad. El daño que provoca *Fusarium*, además de la pérdida de rendimiento de sémola, es que las masas se vuelvan opacas y rojizas (Seghezzo, 2014). Se ha demostrado que a medida que el daño por *Fusarium* aumenta, se producen cambios en la composición, incluyendo aumento de los azúcares reductores y de las proteínas extractables con agua y disminución en las celulosas y hemicelulosas. Las proteínas del gluten de un trigo infectado por *Fusarium* se degradan por las proteasas fungales. Así, las masas se vuelven débiles y de inferior comportamiento en la panificación (Seghezzo, 2014).

### **Fertilización nitrogenada**

La concentración de N en grano es clave para determinar la cantidad de proteína y calidad del gluten, parámetros de gran relevancia en el trigo fideo. Además, el contenido de proteína se correlaciona con la vitreosidad, otra característica apreciada en la calidad comercial e industrial. El trigo fideo demanda una leve mayor cantidad de N que el trigo pan. La fertilización en trigo fideo se justifica ya que se establecen contratos entre industrias y productores, garantizando la calidad deseada y un precio acorde.

Según Ferraris (2016) si la disponibilidad de N es baja o el aprovechamiento es deficiente por pérdidas (lixiviación o volatilización), puede afectarse la concentración de proteína y no tanto el rendimiento ya que la planta prioriza la formación de los granos. En contraste, si el rendimiento es elevado podrá existir un efecto de dilución del N en el grano, ocasionando menor concentración de proteína, si no se acompaña con una adecuada fertilización.

El momento de aplicación del fertilizante es muy importante en la definición de la calidad de trigo fideo. Las aplicaciones tardías producirán una progresiva disminución en el incremento del rendimiento, pero mejorará la calidad a través del aumento de proteína y vitreosidad. Las aplicaciones realizadas en hoja bandera influyen notablemente en la calidad (Loewy & Ron, 2001).

En este sentido, Ferraris (2016) sugiere diferentes opciones: fertilizar con una dosis superior al óptimo para rendimiento, para generar un remanente en planta; fertilización tardía luego de definir componentes de rendimiento o lograr una fertilización balanceada de N y fósforo, azufre y zinc. Las fertilizaciones fraccionadas y adecuadas según el potencial del cultivo garantizan una buena vitreosidad (Molfese & Fritz, 2020).

## Evaluación de la calidad comercial y consecuencias de los defectos comerciales sobre la sémola y la pasta

En Argentina existe una norma de comercialización que establece “grados” sobre una muestra representativa del cereal. Esta norma (Tabla 13.1) puede descargarse gratuitamente de diversos sitios. En la misma se detallan los diferentes rubros de grado y condición.

[http://www.cabc.com.ar/enlazados/normas\\_calidad/N21-TrigoFideo.pdf](http://www.cabc.com.ar/enlazados/normas_calidad/N21-TrigoFideo.pdf)

También se establecen contratos entre productores y molinos o industrias, fijando características de calidad e inclusive la variedad a sembrar. De esa forma se garantizan atributos de calidad específicos necesarios en la industria.

**Tabla 13.1: Norma de comercialización oficial para trigo fideo en Argentina**

TOLERANCIAS MÁXIMAS PARA CADA GRADO											
Grado	Peso Hectolítrico mínimo kg	Materias extrañas (%)	Granos dañados		Granos con Carbón %	Granos quebrados y/ Chuzos (1%)	Trigo pan máximo %	Granos icados máximo (%)	Trébol de olor semillas cada 100 g Máximo	Humedad %	Vitreosidad Mínimo %
			Granos ardidos y por calor %	Total dañados %							
1	78	0,75	0,50	1,00	0,10	0,50		0,50	8	14,00	50
2	76	1,50	1,00	2,00	0,20	1,20	3,00				
3	72	3,00	1,50	3,00	0,30	2,00					
Desc a aplicar por c/kg faltante o sobre % de excedentes	1	1	1,5	1	5	0,5	0,5	2	2% de merma gastos de zarandeo	Merma y gastos de secado	Ver recuadro

VITREOSIDAD	
Bonificaciones	Rebajas
51 a 55% 0,5%	46 a 49% 1,0%
56 a 60% 1,0%	41 a 45% 3,0%
61 a 65% 1,5%	36 a 40% 5,0%
66 a 70% 2,0%	31 a 35% 7,0%
71 a 75% 3,0%	26 a 30% 9,0%
76 a 80% 4,0%	21 a 25% 11,0%
81 a 85% 5,0%	16 a 20% 13%
86 a 90% 6,0%	11 a 15% 15,0%
91 a 95% 7,0%	6 a 10% 17,0%
96 a 100%	0 a 5% 19%

**Proteína:** Bonificaciones y rebajas sobre el precio de grado 2. Por valores superiores a 11% se bonificará 2% por cada porcentaje o fracción proporcional. Por valores inferiores a 10% se rebajará 2% por cada porcentaje o fracción proporcional.

Libre de insectos vivos y/o arácnidos vivos.

Punta negra por carbón desde 1% a 4%.

Revolcado en tierra desde 0,5% a 2%.

Olores comercialmente objetables 0,5% a 2%.

**Peso hectolítrico (PH):** Es el peso de un volumen de 100 litros de trigo, expresado en Kg.Hl<sup>-1</sup>. Es una especificación ampliamente usada y un indicador del potencial rendimiento semolero. Se ve afectado por densidad, forma del grano, humedad, chuzos. Para su determinación se utiliza la balanza Schopper al igual que en trigo pan.

**Materias extrañas:** es el conjunto de granos y materias extrañas que no corresponden a trigo fideo, envoltorios de trigo, semillas de otras especies, piedras, terrones, arena etc. Producen sémolas sucias y disminuyen el rendimiento semolero.

**Granos dañados:** son los granos o pedazos de granos que presentan una alteración sustancial en su constitución. Entran en este rubro los granos ardidados y/o dañados por calor, verdes, helados, brotados, calcinados, roídos por isoca y roídos en su germen.

**Granos inmaduros:** son los granos que no completaron su madurez. Tienen menor rendimiento semolero y alto contenido en cenizas.

**Granos panza blanca:** estos granos poseen el 50% de su endosperma almidonoso. Esto disminuye el color de la sémola y pasta, y otorga pecas blancas indeseables para los productos. La vitreosidad se reduce, baja el rendimiento semolero (ya que son granos más blandos y producen harinas más finas), disminuye el PH y tienen menor contenido de proteína dando como resultado fideos secos, débiles y de baja calidad en la cocción.

**Granos partidos y/o chuzos:** son aquellos granos o pedazos de granos (excluidos los dañados) de trigo fideo que pasan por una zaranda con agujeros acanalados de 9,5 mm de largo x 1,6 mm de ancho. Disminuyen la extracción de sémola, tienen bajo PH, afectan el color de la pasta, mayor probabilidad de presentar bacterias, hongos y micotoxinas.

**Granos de trigo pan:** La presencia de granos de trigo pan disminuye la vitreosidad. Es importante considerar la siembra de trigo fideo en lotes que no hayan tenido al trigo pan como cultivo antecesor, usar semilla original y limpiar los elementos que se utilizan en la cosecha (Molfese & Fritz, 2020).

**Granos brotados:** aquellos que presentan el germen abierto o con indicio de germinación. La actividad alfa amilásica se eleva. Si existe un porcentaje de granos brotados mayor al 10% se producirán fideos oscuros por el aumento de los azúcares reductores, disminuye la calidad de la proteína, dando glútenes extensibles y pegajosos. La textura de la pasta cocida se ve afectada siendo blanda.

**Grano lavado:** son granos que reciben lluvias previo a ser cosechados. Estos granos disminuyen el rendimiento semolero, el PH y la vitreosidad.

**Vitreosidad (%):** Es una propiedad óptica que se refiere a la translucidez de los granos. Se define como el porcentaje de granos vítreos que existen en una muestra. Los granos vítreos tienen mayor contenido de proteína que los almidonosos. Se determinan por método de diafanoscopio (Fig. 13.5).



*Fig. 13.5. Medición de la vitreosidad por método diafanoscopio en la Chacra Experimental Integrada de Barrow.  
(Foto gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).*

## Evaluación de la calidad industrial

### Atributos considerados en el grano

**Peso hectolítrico:** ya se mencionó su importancia en la calidad comercial.

**Peso de mil granos (PMG):** Es una medida del tamaño promedio del grano. Un valor aceptable podría ser 55 g hasta 60 g, más grande que el de trigo pan. A mayor relación endosperma/salvado mayor rendimiento semolero. Se determina sobre muestra limpia y sin granos partidos.

**Proteína (%):** Las sémolas con alto porcentaje de proteína tienen baja cantidad de partículas almidonosas por lo tanto se hidratan en forma pareja durante el mezclado produciendo fideos fuertes y elásticos. El contenido de proteína se relaciona también con el color, fisuras, textura de la superficie y cualidades de cocción: firmeza y pegajosidad. Se determina por método Kjeldahl (patrón o referencia) o algún método equivalente (NIR, etc).

**Vitreosidad (%):** ya mencionada su definición e importancia anteriormente.

### Atributos considerados en la sémola

Para la molienda se utiliza un molino experimental Bühler 202 D. Se acondiciona a 15,8% de humedad durante 20 horas.

**Relación molinera:** rendimiento molinero/ceniza sémola

**Determinación de gluten:** El gluten es el resultado del amasado y lavado de una masa de harina con agua o solución salina (según norma) dando un bollito amarillento viscoelástico que consiste en las proteínas insolubles en agua, las gliadinas y gluteninas. Las proteínas solubles y el almidón se lavan. Se determina el gluten húmedo y seco con equipo Glutomatic y el valor se expresa en por ciento.

**Gluten index (GI):** El bollito de gluten se centrifuga y esta fuerza obliga al gluten a pasar por un tamiz colocado en el casete de la centrifuga. La cantidad de gluten que pasa por el tamiz indica la calidad del gluten. Un valor de GI mayor a 70% es deseable (Cubbada *et al.*, 1991).

**Falling number:** Se determina la actividad de la enzima alfa amilasa con equipo *Falling Number* y el valor obtenido se expresa en segundos.

**Test reológicos:** se utiliza un farinógrafo de Brabender con adaptaciones a la técnica (Irvine *et al.*, 1960), con porcentaje de absorción de agua constante (45%), tiempo de amasado fijo (8 min) y amasadora de 50 g. Se mide el nivel de energía y el aflojamiento (Fig. 13.6).

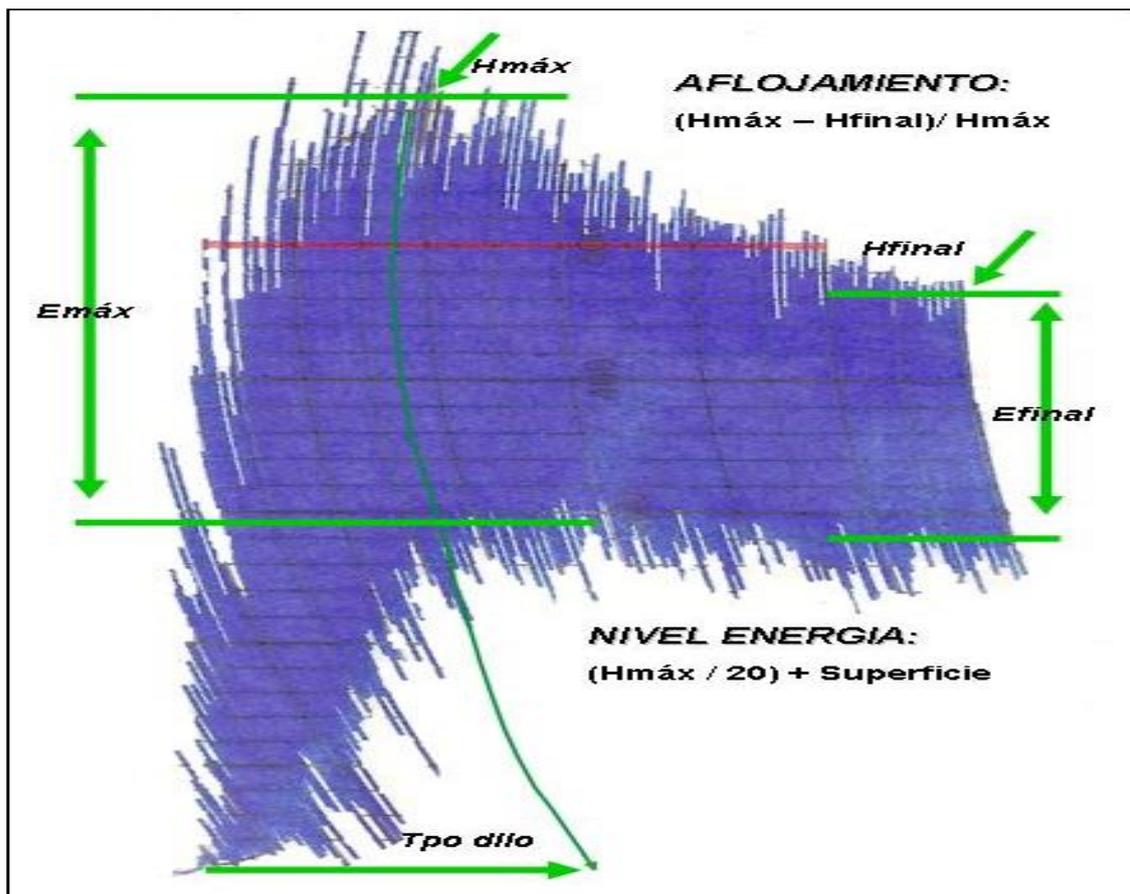


Fig. 13.6: Farinograma de una harina de trigo candeal.  
 (Foto gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).

### Medición del color

La determinación del color se realiza en sémolas y en pastas con un colorímetro de reflectancia y se mide el brillo o luminosidad, amarillo y rojo (Fig. 13.7).



*Fig. 13.7. Medición del color en sémolas y pastas de trigo candeal con Minolta Chromameter CR 310. (Foto gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).*

En la Tabla 13.2 se resumen algunos de los parámetros de calidad comercial e industrial de las campañas 2014/2015 a 2018/2019 en las subregiones de cultivo IV, V Sur y NOA. En general, los valores de PH son buenos. La vitreosidad es variable según los años, los porcentajes obtenidos son bajos y es un parámetro que podría mejorarse a través del manejo. El porcentaje de trigo pan en algunas campañas supera la tolerancia admitida en la norma con lo cual reduce la calidad de las partidas. La proteína muestra valores aceptables. Los altos valores de FN demuestran que en general no hay presencia de grano brotado, aunque en alguna campaña puede presentarse este defecto.. El gluten es un valor bueno y los parámetros farinográficos son acordes a las exigencias de la industria. En [www.trigoargentino.com.ar](http://www.trigoargentino.com.ar) se detallan todos los parámetros de calidad comercial e industrial en forma más extensa por campañas y localidades de las subregiones mencionadas anteriormente.

**Tabla 13.2: Parámetros de la calidad comercial e industrial en trigo candeal en las campañas 2014/2015 a 2018/2019 en Argentina**

Campaña	Subregión	CALIDAD COMERCIAL					CALIDAD INDUSTRIAL				
		PH (kg/Hl)	Vitreosidad (%)	Proteína (%)		FN (seg)	Color (b)	GH (%)	GI	Farino Nivel Ener	Farino- Afloj (%) Aflojamiento (%)
2014/15	IV	78,13	35	4,16	11,58	513	20,6	29,6	50	27,5	30
	V Sud	77,19	33	3,86	11,01	500	21,3	26,4	68	26,0	27
	NOA	81,43	54	5,56	12,50	547	22,1	31,1	55	28,3	29
2015/16	IV	79,84	37	2,42	11,00	428	21,5	26,9	73	29,2	27
	V Sud	79,59	34	2,06	10,50	454	21,2	26,7	68	28,4	28
	NOA	80,59	40	4,51	10,40	572	19,5	24,7	78	27,2	26
2016/17	IV	80,06	53	3,88	12,31	508	21,0	31,1	62	27,5	32
	V Sud	79,46	41	3,80	11,00	523	21,7	26,9	67	24,5	31
	NOA	83,82	54	1,89	10,94	437	20,7	24,5	89	28,7	27
2017/18	IV	81,17	49	2,82	11,60	448	20,5	28,4	58	27,4	33
	V Sud	78,42	64	2,35	11,30	460	22,1	27,3	65	24,5	32
	NOA	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2018/19	IV	76,47	14	4,37	11,92	370	19,0	31,0	41	30,8	36
	V Sud	77,45	28	4,31	10,98	428	21,4	29,1	57	28,9	31,5
	NOA	77,23	34	3,75	13,07	193	19,6	29,2	89	33,4	30

Fuente: [www.trigoargentino.com.ar](http://www.trigoargentino.com.ar)

### Elaboración de fideos experimentales

En el Laboratorio de Calidad Industrial de la Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio INTA-MDA) (Tres Arroyos) se elaboran fideos en forma experimental (Fig. 13.10). El proceso se inicia con el amasado de la sémola y el agua. La masa formada se transfiere a la prensa para su posterior extrusión a través de una tráfila con teflón, equipada con vacío para evitar la formación de pecas blancas. Luego se realiza el secado a 92% humedad relativa y 42°C para disminuir la humedad desde 31-32% a 14%. Los fideos deben tener un período de reposo antes de ser sometidos a las pruebas de cocción. El secadero y los elementos para la extrusión deben cumplir con una serie de requisitos (Seghezzeo, 2014).



Fig. 13.10. Amasado, empaste, extrusión y secado. (Fotos gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).

En el producto final también se determinan cualidades a través de la evaluación sensorial. Se determinan características de la calidad de cocción tales como firmeza que es la resistencia de la pasta cocida cuando es masticada o aplastada entre los dedos o cortada con los dientes, la pegajosidad que es el estado de desintegración de la superficie del fideo cocido estimada por apreciación visual y el volumen que es el grado de adhesión de los fideos después de la cocción evaluado visual y manualmente. El tiempo óptimo de cocción se registra colocando la pasta en agua destilada a ebullición. Cada 30 segundos se toma una muestra, se coloca sobre un portaobjeto y se lo presiona con otro. Se observa la extinción del nervio central (Fig. 13.11).

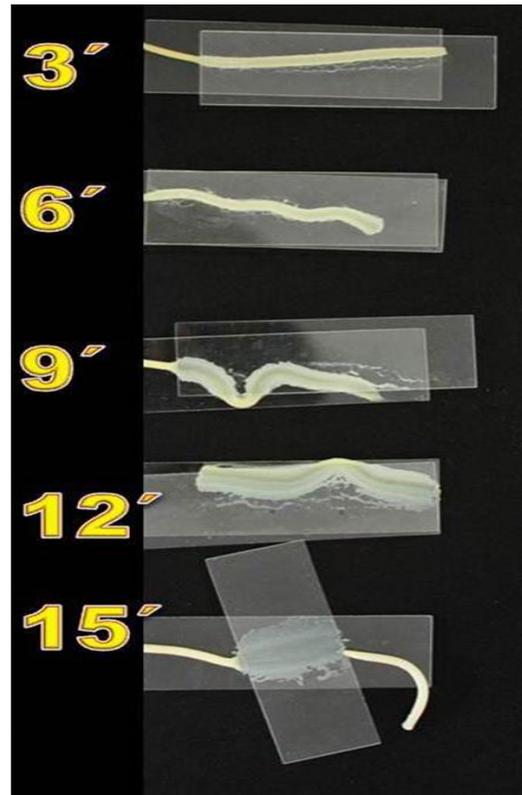


Fig. 13.11. Tiempo óptimo de cocción.  
(Foto gentileza Mag. Ing. Agr. Elena Molfese).

## Referencias

- Brach, A.M. (2012). Factores que determinan la variación de la calidad panadera en trigo. Reconquista. INTA Reconquista. *Revista Voces y Ecos*, 28, 26-29.
- Carbajo, H.L., Gualati, A., Jensen, C.A & Loewy, T. (2001). Áreas de cultivo. En C. Carbajo & H. Jensen (Eds.), *Manual Técnico: Trigo candeal*. Material Divulgación 3, 13-14. Bs As, Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAGyAL-INTA): INTA.
- Carrillo J.M., Martínez M.C., Moita Brites C., Nieto-Taladriz M.T., Vázquez J.F. (2000). Relationship between endosperm proteins and quality in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). En C. Royo., M. Nachit., N. Di Fonzo & J.L Araus. (Eds.), *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges*. 463-467. Zaragoza: CIHEAM.

- Cubadda, R., Carcea, M., Pasqui, L.A & Perten, H. (1991). Metodo rapido di valutazione della qualità del glutine delle semole e del grano duro. *Chimica dei Cereali. Tecnica molitoria*, 861-874.
- Desarrollo Agrario/Noticias. 21 de Enero de 2021. El Ministerio de Desarrollo Agrario registró dos nuevas variedades de trigo candeal. Recuperado de [www.gba.gob.ar/desarrollo\\_agrario/Noticias/el\\_ministerio\\_de\\_desarrollo\\_agrario\\_registr%C3%B3\\_dos\\_nuevas\\_variedades\\_de](http://www.gba.gob.ar/desarrollo_agrario/Noticias/el_ministerio_de_desarrollo_agrario_registr%C3%B3_dos_nuevas_variedades_de)
- Du Cros, D.L., Wrigley, C.W. & Hare, R.A. (1982). Prediction of durum wheat quality from gliadin-protein composition. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33, 429-442.
- Ferraris, G. N. (2016). Rol de la fertilización en la obtención de granos de alta calidad comercial en trigo. VIII Congreso Nacional de Trigo. VI Simposio de Cereales de siembra otoño-invernal. II Encuentro del Mercosur. Simposio 2. 7-9 de septiembre, 2016. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- Forján, H & Manso, L. (2016). El área ocupada por los cultivos de cosecha fina en la región. Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/el-area-ocupada-por-los-cultivos-de-cosecha-fina-en-la-region-0>
- INASE (Instituto Nacional de Semillas). (2021). Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/inase>
- International Pasta Organization. (2018). Recuperado de <https://internationalpasta.org/>
- Irvine, G., Bradley, J & Martin, G. (1961). A Farinograph technique for macaroni doughs. *Cereal Chemistry*, 38, 153-164.
- Jara Podestá, A. (2011). Caracterización y mercados del trigo del trigo candeal-Dirección de Mercados Agroalimentarios. Newsletter N.º 59.
- Jensen, C.A & Carbajo, H.L. (2001a). Descripción de la planta. En C. Carbajo & H. Jensen (Eds.), *Manual Técnico: Trigo candeal*. Material Divulgación 3, 15-18. Bs As, Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAGyAL-INTA): INTA.
- Jensen, C.A & Carbajo, H.L. (2001b). Crecimiento y desarrollo de la planta. En C. Carbajo & H. Jensen (Eds.), *Manual Técnico: Trigo candeal*. Material Divulgación 3, 19-22. Bs As, Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAGyAL-INTA): INTA.
- Kezih, R., Bekhouche, F & Merazka, A. (2014). Some traditional Algerian products from durum wheat. *African Journal of Food Science*, 8, 30-34.
- Kosmolak, F.G., Dexter, J.E., Matsuo, R.R., Leisle, D. & Marchylo, B.A. (1980). A relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoregrams. *Canadian Journal of Plant Science*, 60, 427-432.
- Loewy, T & Ron, M. (2001). Fertilización en el sudoeste bonaerense. En C. Carbajo & H. Jensen (Eds.), *Manual Técnico: Trigo candeal*. Material Divulgación 3, 45-51. Bs As, Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAGyAL-INTA): INTA.
- McCabe, T., Mulhare, J.J., Byrne, J.J., McIvor, A & Gallagher, E.J. (2001). Yield and quality improvement with strobilurin fungicides in winter wheat. *Aspects of Applied Biology and Wheat Quality*, 64, 219-226.
- Ministerio de Agroindustria de la Nación. (2021). Recuperado de [www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/inf-trigo-candeal/trigo\\_candeal.php](http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/inf-trigo-candeal/trigo_candeal.php)

- Molfese, E.R., Astiz, V & Seghezzo, M.L. (2017). Evaluación de la calidad del trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) en los programas de mejoramiento de Argentina. *Revista Investigaciones Agropecuarias* 43, 303-311.
- Molfese, E.R & Fritz, N. (2020). Producción y calidad del trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) en Argentina: análisis del quinquenio 2014/2018. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 46, 293-305.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Conto, F & Del Nobile, M.A. (2014). Effect of durum wheat cultivars on physico-chemical and sensory properties of spaghetti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 2196-2204.
- Payne, P.I., Jackson, E.A. & Holt, L.M. (1984). The association between  $\gamma$ -gliadin 45 and gluten strength in durum wheat varieties: A direct causal effect or the result of genetic linkage? *Journal of Cereal Science*, 2, 73-81.
- Seghezzo M.L. & Molfese E.R. (1999). *Trigo Candeal: Criterios para la evaluación de la calidad*. Publicación Miscelánea N°2: MAA-INTA.
- Seghezzo, M.L. (2014). *Calidad en trigo candeal*. Chacra Experimental Integrada Barrow, Tres Arroyos: INTA.
- Seghezzo, M.L & Molfese, E.R. (2001). Calidad comercial e industrial. En C. Carbajo y H. Jensen (Eds.), *Manual Técnico: Trigo candeal*. Material Divulgación 3, 83-88. Bs As, Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAGyAL-INTA): INTA.
- Sissons, M. J., Ames, N. P., Hare, R. A & Clarke, J. M. (2005). Relationship between glutenin subunit composition and gluten strength measurements in durum wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2445–2452.
- UIFRA (Unión De Industriales Fideeros De La República Argentina). 2019-2020. Reporte anual de la Industria Fideera Argentina. Pastas Secas. Estadísticas Sectoriales. Recuperado de <https://uifra.org.ar/>
- Trigo Argentino Recuperado de [www.trigoargentino.com.ar/TrigoFideo/PromedioNacional?Idioma=Esp&i=1&IdCamp=24](http://www.trigoargentino.com.ar/TrigoFideo/PromedioNacional?Idioma=Esp&i=1&IdCamp=24)