

Recibido 04 de abril de 2017 // Aceptado 13 de julio de 2017 // Publicado online 13 de diciembre de 2017

Evaluación de la calidad del trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) en los programas de mejoramiento de Argentina

MOLFESE, E.R.¹; ASTIZ, V.¹; SEGHEZZO, M.L.¹.

RESUMEN

El Laboratorio de Calidad Industrial de Granos de la Chacra Experimental Integrada Barrow es el único laboratorio en Argentina con equipamiento y metodologías adecuadas para la selección de trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) de acuerdo con características tecnológicas apropiadas. Además, es precursor en establecer lineamientos que incorporan la utilización de un Índice de Calidad para ser aplicado en los programas de mejoramiento de este cultivo. La selección genética debe ser realizada considerando parámetros que sean representativos y satisfagan las necesidades de la industria. El aumento en la diversidad y complejidad de los análisis usados para caracterizar las aptitudes industriales condujo a elaborar un índice que reuniera las variables de calidad más significativas y facilitar la evaluación y comparación de variedades y líneas en los programas de mejoramiento. El uso de este fue limitado debido a su difícil cálculo y dependencia de valores absolutos. Para resolver esto, el índice se modificó utilizando una escala más racional, reconsiderando los atributos utilizados para su cálculo y considerando aquellos atributos ponderados por factores de acuerdo a su importancia relativa. Con esta modalidad de evaluación, se pueden calcular índices promedio para cultivos y ensayos que, al ser medidos en forma relativa y bajo una misma escala, pueden ser perfectamente comparados entre sí, lo que simplifica la evaluación de materiales inéditos contra variedades testigo en los programas de mejoramiento. El manejo de los factores de ponderación permite la orientación de la selección hacia objetivos de mejoramiento previamente fijados y consensuados. Su aplicación es necesaria y obligatoria, ya que su resultado se informa en los legajos que los obtentores presentan para la consideración de nuevos materiales para inscribir. El Índice demuestra ser un instrumento dinámico y flexible, capaz de adaptarse a cambios metodológicos y actualizaciones conceptuales. El objetivo de la presente revisión es comunicar la última modificación realizada al Índice de Calidad, manteniendo de esta manera actualizados a los actores involucrados en la creación de variedades comerciales de trigo candeal.

Palabras clave: trigo candeal, variedades, inscripción, calidad.

ABSTRACT

*The Laboratory of Industrial Quality of Grains of the Barrow Experimental Station of the National Institute of Agricultural Technology (INTA) is the only laboratory in Argentina with equipment and methodologies that are adequate for the selection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). Genetic selection should be carried out considering parameters that are representative and meet the needs of the industry. The increase*

¹Chacra Experimental Integrada Barrow C.C. 50. Tres Arroyos, Argentina.
Correo electrónico: molfese.elenarosa@inta.gob.ar

in the diversity and complexity of the analyses used to characterize industrial features has led the Laboratory of Industrial Quality of Grains to develop a Quality Index that brings together the most significant quality variables and facilitates the assessment and comparison of varieties and lines in breeding programs. The use of this index was limited because its hard calculation and dependence of absolute values. To solve this, the index was modified using a more rational scale, reconsidering attributes used for its calculating and considering those attributes weighted by factors according to their relative importance. This index allows calculating average indices for cultivars and assays, which, when being measured in a relative manner and under the same scale, are perfectly comparable. In breeding programs, this simplifies the comparison of new materials with control varieties. The management of the weighting factors allows orienting the selection towards previously fixed and agreed objectives of crop improvement. The application of this Index is necessary and obligatory, since its result should be reported by breeders for the consideration of new materials to be recorded. The Index has proved to be a dynamic and flexible instrument, able to adapt to methodological changes and conceptual updates.

The aim of this review is to communicate the last modification made to this Quality Index and keep the actors involved in the creation of commercial varieties of durum wheat updated.

Keywords: durum wheat, varieties, registration, quality.

INTRODUCCIÓN

Producción y comercialización del cultivo en Argentina

El trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) fue introducido en Argentina, en la provincia de Buenos Aires, por inmigrantes italianos en la década de 1920/30. En la campaña 1969/70, con más de 400.000 ha sembradas, nuestro país alcanzaba el tercer lugar en el mundo como exportador, al obtener una producción de 760.000 t que representaba entre el 6 y 8,5% del total nacional de trigo. El principal importador en ese momento era Italia, con exigencias específicas de calidad que se cumplían sin problemas.

En el período 1976 a 1978 sucedieron dos ataques consecutivos de *Fusarium spp* que disminuyeron drásticamente la producción. Además, se produjo el desplazamiento del trigo candeal por variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) de ciclo corto y con alto potencial de rendimiento. También ocurrió el reemplazo de cultivares tradicionales de buena calidad por otros de mayor productividad, pero que no conseguían cumplir con los requisitos de calidad exigidos por la exportación.

Según datos del Ministerio de Agroindustria, el promedio nacional de la superficie sembrada en los últimos cinco años fue de 60.422 ha y la producción rondó las 177.305 t/año, también promedio del último lustro, con variaciones interanuales importantes (datos Sistema Integrado de Información Agrícola, 2016).

El trigo candeal es un cultivo invernal, de ciclo intermedio-corto, que se siembra desde julio a mediados de agosto y se cosecha en diciembre. Es originario de regiones que poseen un régimen de precipitaciones medias a bajas (500 mm/año o menos), requiere inviernos suaves y húmedos, combinados con veranos secos y soleados, especialmente durante el período de llenado de granos (Jara Podestá, 2011).

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 (figura 1)), representando una opción interesante para los productores (Informe Institucional Trigo, 2016). Tradicionalmente en la provincia de Buenos Aires se distinguen tres zonas, sudeste, centro sur y oeste, que poseen diferentes características agroclimáticas (Jensen, 2001). Los partidos de Coronel Dorrego y Tres Arroyos (área centrosur) representan la mayor superficie ocupada con este cultivo respecto de las otras zonas (Forján y Manso, 2016).

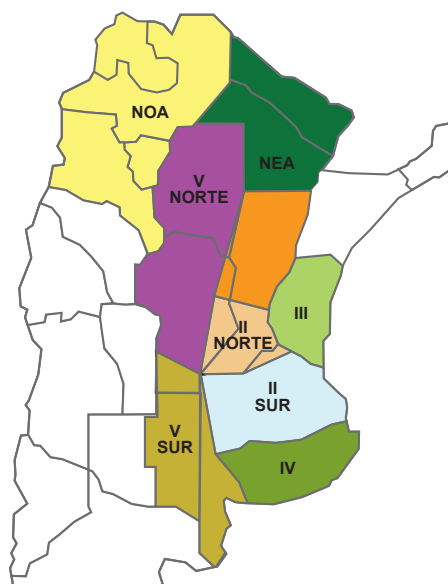


Figura 1. Subregiones trigueras.

La producción es habitualmente inferior a la de trigo pan y actualmente se dispone de ocho variedades comerciales aprobadas por el Comité de Cereales de Invierno de la CO-NASE (Comisión Nacional de Semillas).

Desde hace unos años, el cultivo de este trigo ha dejado de ser estrictamente regional con la incorporación de alguna superficie bajo riego en la provincia de San Luis, y también de una significativa cantidad de hectáreas en las provincias de Tucumán y Salta (subregión triguera NOA), debido a la instalación de un importante molino y fábrica de pastas, que utilizan al candeal como insumo para la elaboración de sus productos.

La siembra es realizada por los propios molinos en forma directa a través de contratos con productores. Estos acuerdos contemplan la posibilidad de que los interesados en utilizar la producción, puedan inspeccionar el lote y ajustar la calidad final conforme a los requerimientos de la industria semolera y fideera. Aunque existe una norma de comercialización que se aplica a todas las transacciones (Norma Senasa ^{xxii}, 1998), las principales industrias relacionadas al trigo candeal diseñan y aplican escalas propias de bonificaciones y rebajas para algunos parámetros de interés (porcentaje de vitreosidad, proteína y gluten).

Esta forma de trabajo, asegura la trazabilidad de los granos que se industrializan, conformando una alianza estratégica entre productores e industria, garantizando previsibilidad y estabilidad en el precio, al determinar reglas claras de comercialización para las partes involucradas.

Usos y consumo del trigo candeal

El grano de trigo candeal posee como características diferenciales su gran tamaño, dureza y color amarillo, que permiten utilizarlo para la preparación de diferentes productos.

De su molienda se obtiene sémola, que es la base para la elaboración de pastas “al dente” (pastas al estilo italiano). En algunos países (Italia, Francia y Grecia) se exige por ley la exclusiva utilización de sémolas de trigo candeal en la elaboración de estas.

Otro producto que se obtiene es el semolín, utilizado para elaborar ñoquis y ravioles, y harina de trigo candeal que es el ingrediente básico en la elaboración de panes típicos de las regiones mediterráneas, así como también de algunos postres.

Las pastas secas son productos transables que poseen un enorme potencial para agregar valor y abastecer mercados masivos en el exterior (Lezcano, 2016) y aquellas que son elaboradas con trigo candeal poseen una serie de ventajas que se pueden resumir en:

- Químicas y nutricionales (contiene mayor cantidad de proteína, menor índice glucémico, es un alimento apropiado para incorporar otros nutrientes).
- Optimiza los parámetros sensoriales de la pasta (textura, color, sabor, aroma).

- Fácil elaboración, solo requiere el agregado de agua y posee buen desempeño industrial.
- Fácil de almacenar.
- Mejora el comportamiento en el plato respecto de aquellas pastas elaboradas con harina de trigo pan, ya que la pegajosidad es menor por no liberar almidón.
- Poseen resistencia a la sobrecoCCIÓN.
- Comerciales y estratégicas (los productos diferenciados aumentan la rentabilidad).

En todo el mundo se producen anualmente aproximadamente 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.

La pasta es la categoría de alimento masivo más comprada por los argentinos, llegando a estar presente en el 99% de los hogares. Se consumen, en promedio, 9 kilos de pastas por persona por año, uno de los más altos de la región, aunque resulta menor con respecto a Italia, cuyo consumo llega a 25 kilos per cápita. (Datos UIFRA, 2016).

En otros sitios (norte de África y Cercano Oriente) se produce el consumo directo del grano entero o partido en comidas regionales en comidas regionales/étnicas como el cous-cous, el trigo burgol, frekeb y chapattis (Kezih *et al.*, 2014).

Evaluación de la calidad en programas de mejoramiento

La evaluación de la calidad tecnológica en los trigos destinados a la producción de pasta es vital para ofrecer a la industria nacional e internacional sémolas o trigos que cumplan con los requisitos que solicita el mercado.

En los programas de selección y mejoramiento que se llevan adelante en los institutos de investigación más avanzados del mundo, se utilizan diferentes características para calificar al trigo y realizar la selección por calidad. En cada caso, se elige una serie de parámetros de carácter comercial e industrial, que pueden variar dependiendo de la cantidad de grano y del equipamiento disponible.

La calidad es también el resultado de un trabajo multidisciplinario, donde las universidades y los laboratorios intervienen como soporte en varios proyectos de investigación, cubriendo aspectos asociados a la fisiología y genética de los cultivares (por ejemplo, selección asistida por marcadores moleculares para la mejora de la calidad y de la sanidad).

La selección por calidad industrial en generaciones tempranas es realizada utilizando pruebas simples, económicas, no destructivas, basadas en la genética (sedimentación, colorímetro etc.) que pueden llevar a un progreso sustancial en un programa de mejoramiento. Pruebas más costosas y que demandan mayor tiempo, son utilizadas para realizar la selección de genotipos de calidad supe-

rior cuyo destino será la fabricación de productos premium (Massi, 2015).

Algunos autores mencionan como definitorias las siguientes características: peso de mil granos, peso hectolítrico, calidad y contenido de gluten húmedo, color de la sémola, contenido y calidad de la proteína, vitreosidad o panza blanca, rendimiento de grano, punta negra y resistencia a enfermedades, test de sedimentación y alveograma entre otros.

En Canadá y Australia para registrar un cultivar es requisito fundamental que tenga un nivel de proteína de al menos 13% (base seca) en trigo o 12% en sémola, (Matus *et al.*, 2011; Nazco *et al.*, 2012; Clarke *et al.*, 2012; Chávez Villalba *et al.*, 2015).

El organismo responsable de establecer y mantener los estándares canadienses de calidad del grano (Canadian Grain Commission) también prioriza el resultado o rendimiento molinero, contenido y pérdida de pigmento, fuerza del gluten y los niveles de cadmio (Fu y Pozniak, 2015).

En Australia, Sissons (2008) indicaba que en un programa de mejoramiento, la selección por calidad se realiza considerando características que se basan en la fuerza de la masa ya que es primordial para asegurar que las pastas mantengan una textura firme cuando se cocinan. En 2016, Gururaj y Sissons aseguran además que la selección por calidad en su programa de mejoramiento está fuertemente orientada hacia el contenido de proteína y de pigmento amarillo.

En Francia, poseen un sistema donde, además, pueden realizar análisis complementarios, como fabricación y evaluación de pastas, determinando su calidad culinaria y la viscoelasticidad y características de la superficie (Comité Technique Permanent de la Selection des plantes cultivées- Règlement, 2014).

Uso de índices de calidad

Para realizar una evaluación expeditiva de la calidad en la selección de trigo candeal es necesario aplicar indicadores sensibles con cierto carácter predictivo y que sean de fácil determinación. Estos pueden integrarse bajo la forma de un índice que facilita la comparación de resultados. La formulación de estos índices responde a un concepto integral de la calidad y existen algunos ejemplos internacionales de su aplicación.

En 1996, en Italia, la fábrica de fideos Barilla publicó el cálculo de un Valor Varietal Resumido (Valore Sintetico Varietale) para uso interno de la empresa, utilizando parámetros comerciales e industriales de calidad, que aún siguen vigentes (Ronchi, 2016 com. pers.).

Silva *et al.* (2007) también utilizaron un índice de calidad por localidad y coeficientes para valorizar trigos en diferentes zonas de Chile.

En el programa de mejoramiento del IRTA, (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria) ubicado en Lleida, España, utilizan para la selección un Índice General de

Calidad que incluye proteína, color, fuerza de gluten y peso hectolítrico. Este índice permite clasificar las variedades y puede ser aplicado en las operaciones comerciales (Anexo II Real Decreto 1615/2010 y su modificación del 2013).

Situación en Argentina

El Laboratorio de Calidad Industrial de Granos de la Chacra Experimental Integrada Barrow, desde el inicio de actividades en la década de 1960, es referente para la evaluación e inscripción de trigos candeales en el país, ya que posee técnicas y equipamiento únicos para realizarlo, asegurando la calidad y confiabilidad de los resultados a través de la aplicación de normas de calidad (IRAM 301:2005: ISO/IEC 17025:2005).

Está ubicado al sur de la provincia de Buenos Aires y los programas de mejoramiento que trabajan en la selección de trigo candeal envían sus líneas élite para ser evaluadas y contrastadas con testigos de buena calidad, para finalmente incorporar esos resultados a los legajos que serán presentados ante el Comité Nacional de Cereales, con el fin de lograr la aprobación de nuevas variedades comerciales.

Los cultivares deben satisfacer las necesidades de los productores agropecuarios, molineros, elaboradores de productos finales y, finalmente, las exigencias del consumidor de alimentos sanos y nutritivos (Seghezzeo, 2014).

En el proceso de mejoramiento, en generaciones tempranas se realizan test que utilizan pequeña cantidad de sémola pero, en líneas avanzadas, es necesario trabajar sobre aquellos atributos de calidad que son requeridos por la industria. Esto implica realizar una molienda y numerosas determinaciones, que pueden resultar engorrosas de analizar individualmente.

Antecedentes en la determinación del índice de calidad

Con el propósito de facilitar su interpretación, en este laboratorio en el año 1980 se trazaron los primeros lineamientos de un índice de calidad, que resumiera la calidad de un cultivar considerando la importancia relativa de las distintas variables que contribuyen a definirla. Para ello se seleccionaron diez parámetros (comerciales e industriales). Los valores absolutos de cada uno de ellos se multiplicaban por un factor apropiado para que todos tuvieran un peso similar en la suma algebraica cuyo resultado era el Número de Calidad Final.

Para definir la aptitud comercial del trigo fueron seleccionados el peso hectolítrico, el peso de mil granos y el tamaño de los granos. Los parámetros asociados a características industriales eran: ceniza, proteína, cantidad y calidad del gluten. La calidad del gluten se realizaba manualmente, según criterios italianos, y el color se determinaba visualmente.

Desde 1976 se realizaba el trazado de farinogramas de sémola, adaptación de una técnica canadiense (Deán y Seghezzeo, 1978; Irvine *et al.*, 1961). Este método se convertiría más tarde en una de las principales herramientas

de la selección en los planes de mejoramiento. Permite estimar de forma indirecta la calidad del gluten. Con esta prueba se mide el comportamiento de la masa de sémola y agua durante el amasado (Seghezzeo y Molfese, 1999; Sissons, 2016), ya que las pruebas reológicas son buenas predictoras de la calidad de la pasta.

La elaboración de pasta en forma experimental permitió desarrollar una prueba propia para la medición de la pegajosidad ("collositá") de la pasta cocida (Deán, 1980).

La evolución de las técnicas analíticas a través del tiempo permitió descartar aquellos test con mayor influencia de la subjetividad del analista reemplazándolos por métodos con mayor precisión y exactitud.

En año 1994, se realizaron algunas modificaciones importantes al índice para simplificar los cálculos, reconsiderando los atributos que se contemplaban en la evaluación, independizarse de los valores absolutos y utilizar una escala más racional (Seghezzeo y Molfese, 2014).

Se crearon escalas de cinco rangos para cada uno de los parámetros y se les adjudicó un determinado puntaje. El número de calidad para un cultivar o línea, en un ensayo determinado, entonces, pasó a calcularse así:

$$Q = \frac{\sum (A * F)}{\sum F}$$

Q= número de calidad.

A= atributo que se evalúa en el grano o sémola.

F= factor de ponderación, indica la importancia relativa otorgada al atributo.

Los atributos considerados en grano eran: peso de mil granos, vitreosidad y proteína.

Sobre la sémola: rendimiento semolero, calidad gluten, farinograma y evaluación de la pasta.

El porcentaje de gluten se eliminó del cálculo del Índice, ya que estudios realizados en diferentes ambientes han demostrado su alta correlación con el porcentaje de proteína: para un n de 192 muestras en un caso y uno de 240 en otro, se tuvo una correlación de $r = 0,84$ y $0,86$ respectivamente (Peña, 2000; Seghezzeo y Molfese, 1999). Esto fue ratificado en un trabajo presentado por Larsen *et al.* (2014), donde la correlación entre proteína y gluten para un set de 136 muestras argentinas fue de $r = 0,89$.

En 1997, se reemplazó el rendimiento semolero por la relación molinera, una propiedad importante para la molinería ya que relaciona la extracción semolera con el contenido de ceniza de esa sémola. A los industriales les interesa aumentar la extracción de la sémola sin comprometer la calidad final del producto (Gruber y Sarkar, 2012) buscando la combinación óptima de esos parámetros: máxima extracción con el menor contenido de ceniza.

El porcentaje de vitreosidad de los granos es también una característica valorada. La industria fideera prefiere los

granos vitreos debido a su correlación positiva con el porcentaje de proteína, el rendimiento de sémola y la calidad de cocción.

Los granos lavados son aquellos cuya vitreosidad se ve afectada por una lluvia previa a la cosecha y es un fenómeno frecuente en el sur de la provincia de Buenos Aires. Se produce un opacamiento en el brillo natural del pericarpio que impide visualizar la textura del endosperma o su verdadera vitreosidad (Sieber *et al.*, 2015). Sin embargo, no se consideran como no vitreos, ya que en un trabajo realizado por Seghezzeo *et al.* (1998) demostró que la calidad industrial de la sémola no disminuye, aún en condiciones de lavado severo, aunque sí lo hace el peso hectolítrico y el rendimiento molinero.

En 1999 se comenzó a evaluar la calidad del gluten por medio del índice de gluten (Cubadda *et al.*, 1992), reemplazando la antigua evaluación empírica del gluten.

La tendencia actual en el proceso de molienda apunta a una reducción del tamaño de las partículas para disminuir los tiempos de mezclado, mejorar la hidratación y obtener pastas sin puntos blancos. Como consecuencia del menor tamaño de las partículas, las sémolas son más claras lo que obliga a seleccionar variedades con mayor contenido de pigmento. Con ese fin, se incluyó la determinación del contenido de pigmento amarillo en todos los materiales del programa de mejoramiento por medio de un colorímetro triestímulo, ya que es un atributo muy apreciado por los industriales tanto en la sémola como en la pasta (Roncallo, *et al.*, 2007; Carrera *et al.*, 2007; Campos *et al.*, 2016).

Un trabajo realizado en 2011, que cuantificó el efecto del cultivar, el año y la localidad y sus interacciones sobre varios parámetros de calidad industrial, confirmó que el efecto del cultivar era numéricamente más alto que el atribuido al año y la localidad en 3 de las variables estudiadas en peso hectolítrico, color y gluten index (Seghezzeo *et al.*, 2011).

El objetivo de la presente revisión es comunicar la última modificación realizada al Índice de Calidad, herramienta definitoria que se utiliza para evaluar la calidad de las líneas élite que integran los programas de mejoramiento de trigo candeal en Argentina.

ÍNDICE DE CALIDAD MODIFICADO

El proceso de fabricación y secado de la pasta utilizado en el Laboratorio de Calidad Industrial de Granos de Barrow es muy diferente a lo que ocurre a nivel industrial. Se dispone de una prensa extrusora que opera en vacío y comprime la masa hasta llegar a la tráfila para la formación del espagueti. El secado se realiza en un secadero fijo a 30 °C durante 20 horas.

En cambio, la industria ha evolucionado aplicando nuevas tecnologías que optimizan el secado modificando la velocidad del aire, la temperatura y la humedad con el objetivo de eliminar el agua en forma rápida y eficiente (Cubadda *et al.*, 2007), para ello utilizan diagramas de secado donde se alternan ciclos de baja y alta temperatura logrando mejorar la calidad y disminuyendo el costo del producto terminado.

Además, efectuar pruebas reológicas (gluten index, alveograma, farinograma) presenta menor dificultad que reelizar la pasta y evaluarla posteriormente. Otra limitante es el tamaño de la muestra, que normalmente en los planes de mejoramiento es escasa (Sissons, 2016).

Este escenario llevó a reconsiderar la fabricación y evaluación de la pasta, lo que finalmente ocurrió en 2015 cuando el Comité de Cereales de Invierno de la CONASE (Actas 222 y 223, 2015) autorizó la eliminación de ese atributo en el cálculo de Q.

El Índice de Calidad (Q) actualmente en uso contempla aspectos que están suficientemente comprobados y documentados como para formar parte de este. Unos están relacionados con la calidad del grano: peso de mil granos (PMG), porcentaje vitreosidad (V) y porcentaje de proteína (PROT), y otros consideran a la sémola: relación molinera (REL MOL), gluten index (GI), color de la sémola (COLOR) y Nivel de Energía farinográfico (NE).

Cada factor tiene un peso diferente y el valor máximo posible de obtener aplicando el nuevo Índice es de 5.0

Índice de Calidad (Q) = $((1 \times \text{PMG}) + (2 \times \text{V}) + (2 \times \text{PROT}) + (1 \times \text{REL MOL}) + (2 \times \text{GI}) + (3 \times \text{COLOR}) + (2 \times \text{NE}^*)) / 13$

El peso dado a los factores surge a partir de la importancia que la industria de la pasta otorga a estos atributos (Barilla, 1996; Mones Cazón, 1998; Jara Podestá, 2011).

Aplicación práctica del Índice de Calidad modificado

La mayor parte del trigo producido es usado para la fabricación de pastas de buena calidad y para obtener esto, el trigo debe tener algunas características, tales como un endosperma duro y vítreo (Lafiandra *et al.*, 2012) que, se sabe, correlaciona positivamente con la proteína. Granos más almidonosos tienden a ser de proteína más baja que los trigos vítreos, haciendo al fideo más seco y débil. En un estudio realizado en Canadá sobre la relación entre la vitreosidad de los granos y el contenido de proteína mostró que los espaguetis hechos con sémolas provenientes de trigos vítreos eran significativamente más firmes que aquellos hechos con sémolas de trigos con menor vitreosidad. Los trigos de menor proteína tuvieron un impacto adverso sobre la molienda y el procesamiento de la pasta (Fu *et al.*, 2016).

Las pastas cocinadas presentan propiedades especialmente relacionadas con el alto contenido de proteína de grano y con la calidad de su proteína: gluten index. Estos rasgos, junto con el color amarillo de la sémola, son muy importantes para la calidad de trigo candeal (Subira *et al.*, 2014).

Autores como Dexter (1980) y D'Egidio (1990) mencionaron que el contenido de proteína explicaba el 30-40% de la variabilidad en la calidad de cocción y un incremento en la proteína resulta en mayor tolerancia a la sobrecocción, aumentando la firmeza y disminuyendo la pegajosidad de la pasta.

El ancho de la banda farinográfica es un buen indicador de la calidad del gluten y se estima que el 70% de su varia-

ción corresponde al cultivar y no está tan influenciado por el contenido de proteína (Seghezzeo y Molfese, 1999).

Los parámetros de calidad evaluados y la metodología utilizada sobre las muestras de trigo son:

- Sobre el grano:

Peso de mil granos (PMG): en gramos (g). Norma IRAM 15.853. Se utiliza una contadora de granos (Numigral, Tripette y Renaud, Francia).

Vitreosidad (V): método del diafanoscopio. Se expresan en porcentaje los granos vítreos y los no vítreos (moteados, panza blanca, manchados, enfermos).

Proteína (PROT): en porcentaje, base 13,5% humedad. Equipo Infratec 1226 Grain Analyzer (Método NIR).

Ceniza sémola (%): Norma IRAM 15.851.

Molienda: un kilo de muestra se acondiciona a 15,8% humedad durante 20 h. Se utiliza un molino experimental de laboratorio Bühler 202 D. Se informa el rendimiento de sémola limpia. (Granulometría entre 125-355 micrones).

Relación molinera (REL MOL): relación rendimiento molinero (%)/ceniza sémola.

- Sobre la sémola

Gluten Index (GI): Norma ICC N.º 155.

Color b* (COLOR): se mide el color mediante Minolta Chromameter CR 310. Método triestímulo, notación Hunter L (luminosidad), a (rojo) y b (amarillo).

Farinograma: se utiliza un Farinógrafo de Brabender de acuerdo a la adaptación de la técnica de Irvine, Bradley y Martin (Cereal Chemistry, 1961), con un porcentaje de absorción de agua constante (45%), tiempo de amasado fijo (8 minutos) y amasadora de 50 g. Se trazan curvas tal como muestra la figura 2.

Se calcula:

NE: nivel de energía: altura máxima/20 + superficie.

AFLO: aflojamiento (%): altura máxima – altura final/altura máxima.

Cuando los materiales evaluados poseen un aflojamiento (AFLO) mayor a 36% el NE se calcula según la fórmula:

$$\text{NE}^* = \text{NE} - (\text{AFLO} - 36)$$

De esta manera se integra en un solo atributo el NE y el AFLO a la vez, castigando aquellas muestras cuyo valor de aflojamiento supere el 36%, valor que se estableció como máximo tolerado. El decaimiento o aflojamiento de la curva está asociado con el debilitamiento de la masa durante el ensayo (Seghezzeo y Molfese, 1999).

Las variables o atributos y los factores considerados en grano y sémola se muestran en la tabla 1.

La valoración de cada uno de los parámetros se realizó sobre la siguiente escala (tabla 2):

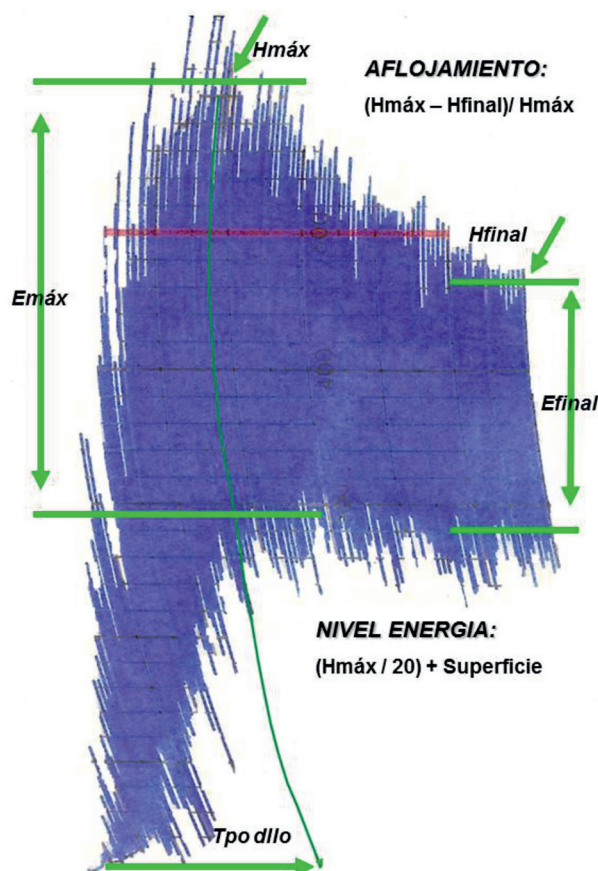


Figura 2: Figura farinográfica y parámetros evaluados: altura máxima (H máx.), altura mínima (H final), espesor máximo (E máx.), espesor final (E final), Tpo dllo: tiempo desarrollo (mín), Nivel Energía y Aflojamiento (%).

Los granos lavados reciben una calificación de 1 a 4, según su contenido de proteína, independientemente de los valores obtenidos en los otros parámetros (tabla 2). No se otorga el máximo puntaje considerando la disminución ya mencionada que ocurre en el peso hectolítrico y el rendimiento molinero, consecuencia de ese fenómeno.

La aplicación del índice da un número (Q) que se corresponde con la siguiente calificación: 5 muy buena, 4 buena, 3 satisfactoria, 2 menos satisfactoria y 1 no satisfactoria.

Puntos	PMG	V	PROT	REL MOL	GI	COLOR	FARINO N.E.*
5	>60	>90	>13	>102	>80	>28	>50
4	55-60	80-90	12-13	94-102	61-80	25-28	45-50
3	50-55	60-80	11-12	86-94	41-60	22-25	40-45
2	45-50	40-60	10-11	78-86	21-40	20-22	30-40
1	≤45	≤40	≤10	≤78	≤20	≤20	≤30

Tabla 2. Escala de valoración de los atributos: PMG, V, PROT, REL MOL, GI, COLOR, NE* (NE corregido por Aflojamiento).

	Atributo	Referencia	Factor	
Grano	1	Peso de mil granos	PMG	1
	2	Vitreosidad	V	2
	3	% Proteína trigo	PROT	2
Sémola	4	Relación molinera	REL MOL	1
	5	Gluten Index	GI	2
	6	Color sémola	COLOR	3
	7	NE*- Farinograma	NE*	2
			$\Sigma F = 13$	

Tabla 1. Variables y factor considerado en cada caso para el cálculo del Índice de Calidad.

Aplicación en variedades comerciales

Con el objetivo de mostrar la utilidad de la aplicación de este Índice de Calidad para detectar diferencias entre genotipos se eligieron 6 variedades comerciales para realizar el análisis: Bonaerense INTA Cumenay, Bonaerense INTA Facón, Buck Topacio, Buck Esmeralda, Bonaerense INTA Cariló, Buck Platino y Buck Granate.

El período analizado fue desde la campaña 1998/99 a 2013/2014.

Las muestras provenían de distintas subregiones trigueras, diferentes criaderos y de ensayos controlados, donde el objetivo era maximizar rendimiento y calidad a través de la utilización de altas dosis de fertilizante nitrogenado (Bergh *et al.*, 1998; Loewy y Salomón, 2004; Larsen y Jensen, 2014).

En todas ellas se determinaron los parámetros que conforman el Q y se realizó su cálculo.

Se efectuó un análisis de la varianza (ANOVA) para el Índice de Calidad y para la comparación de medias se utilizó el Test de Tukey ($p > 0,05$). Se obtuvo una DMS de 0,25157 y un CV de 14%. Se observaron diferencias significativas entre variedades (tabla 3).

Bonaerense INTA Cumenay difirió de Buck Esmeralda debido a que esta última posee como característica dife-

VARIEDAD	Medias	n		
BONAERENSE INTA CUMENAY	3,54	66	A	
BUCK TOPACIO	3,42	56	A	B
BONAERENSE INTA FACON	3,42	52	A	B
BUCK PLATINO	3,35	59	A	B
BUCK GRANATE	3,22	42		B
BUCK ESMERALDA	2,74	65		C

Tabla 3. Valores medios del Índice de Calidad de variedades comerciales de trigo candeal (n = cantidad de muestras). Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

rencial glútenes de menor calidad y sémolas más blancas. En cambio, Bonaerense INTA Cumenay es un referente de calidad utilizado como testigo en los planes de mejoramiento por sus cualidades reológicas (Nivel de Energía, calidad de gluten) y buena vitreosidad. También se vieron diferencias con Buck Granate que, aunque la fuerza del gluten es buena, no sobresale por el color de sus sémolas.

Buck Topacio y Bonaerense INTA Facón son variedades que se destacan por su alto contenido de pigmento amarillo y su calidad de gluten, mientras que Buck Platino destaca por la fuerza de su gluten, sin existir diferencias significativas en el Índice de Calidad.

La genética propia de cada variedad establece diferencias funcionales entre ellas y está demostrado que dichas diferencias relativas se mantienen, aún en diferentes ambientes (Jara, 2011; Masiero *et al.*, 2011).

En Argentina, el desarrollo genético ha permitido alcanzar estándares mundiales en lo que respecta a color, proteína y rendimiento (Molfese *et al.*, 2016), sin embargo se observa que existen diferencias entre variedades y el Índice se muestra como una herramienta eficaz para discriminar entre ellas.

CONCLUSIONES

El nuevo Índice de Calidad manifestó ser un indicador confiable, sensible y expeditivo, que permite realizar una correcta diferenciación varietal.

La aplicación de esta metodología para evaluar líneas elite en los programas de mejoramiento, elimina la subjetividad y concuerda con lo realizado en otros países con esta metodología.

Por un lado, la utilización del nuevo Índice de Calidad en los programas de mejoramiento de trigo candeal permite emplear menores tiempos en los análisis y disminuir sus costos. Por otro lado, es necesaria su aplicación ya que es obligatorio informar su resultado en los legajos que los obtentores deben presentar para la consideración de nuevos materiales para inscribir.

El Índice es una herramienta dinámica y flexible, que puede adaptarse a los cambios metodológicos y tecnológicos que ocurran en el futuro. El empleo de los factores de ponderación permitirá orientar la selección hacia objetivos de mejoramiento previamente fijados y consensuados.

BIBLIOGRAFÍA

- ANUARIO ARGENTINO DE PASTAS SECAS. 2016. De cara al mundo. UIFRA. Unión Industriales Fideeros de la República Argentina. p. 72.
- BERGH, R.; ZAMORA, M.; QUATTROCHIO, A.; BAEZ, A. 1998. Fertilización nitrogenada de trigo candeal en el centro surbonaerense: aplicaciones tardías. Actas IV Congreso Nacional de Trigo, Mar del Plata, 3–12.
- Boletín Oficial del Estado Español. 2013. Disposiciones generales. 3630 Real Decreto 190/2013 modificadorio de Real Decreto 1615/2010, Norma Calidad del trigo. Núm 82. Sec. I. p. 25.471.
- CAMPOS, K.; ROYO, C.; SCHULTHESS, A.; VILLEGAS, D.; MATUS, I.; AMMAR, K.; SCHWEMBER, A.R. 2016. Association of phytoene synthase Psy1-A1 and Psy1-B1 allelic variants with semolina yellowness in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) Euphytica (2016) 207:109–117. DOI 10.1007/s10681-015-1541-x.
- CARRERA, A.; ECHENIQUE, V.; ZHANG, W.; HELGUERA, M.; MANTHEY, F.; SCHRAGER, A.; PICCA, A.; CERVIGNI, G.; DUBCOVSKY, J. 2007. A deletion at the Lpx-B1 locus is associated with low lipoxigenase activity and improved pasta color in durum wheat. J. Cereal Sci. 45: 67–77.
- CHÁVEZ VILLALBA, G.; CAMACHO CASAS, M.A.; FIGUEROA LÓPEZ, P.; FUENTES DÁVILA, G.; FÉLIX FUENTES, J.L.; VILLA ARAGÓN, B.A. 2015. Baroyeca Oro C 2013: nueva variedad de trigo duro para su cultivo en el noroeste de México. Rev. Mex. Cienc. Agríc., vol.6, n.º 2, pp.421–425.
- CLARKE, J.M.; DE AMBROGIO, E.; HARE, R.; ROUMET, P. 2012. Genetics and breeding of Durum Wheat. En: Durum Wheat: Chemistry and Technology- 2nd edition – Sissons, Abecassis, Marchylo, Carcea Editor, AACCC. Capítulo 2: 15–36.
- Comité Technique Permanent de la Selection des plantes cultivees- Protocole d'étude de la qualité du blé dur dans les essais officiels en France-Appréciation de la qualité technologique selon les critères technologiques, méthodes analytiques et grille de classement selon le règlement VATE du CTPS-2014.
- CONASE. Comité de Cereales de Cereales de Invierno. ACTA N.º 222 y 223. 2015.
- CUBADDA, R.; CARCEA, M.; PASQUI, L.A. 1992. Suitability of the Gluten Index method for assessing gluten strength in durum wheat semolina cereal Food World, 37:866-869.
- CUBADDA, R.; CARCEA, M.; MARCONI, E.; TRIVISONNO, M. 2007. Influence of gluten proteins and drying temperature on the cooking quality of durum wheat pasta. Cereal Chem. 84: 48-55.
- D'EGIDIO, M.G.; MARIANI, B.; NARDI, S.; NOVARO, P.; CUBBADA, R. 1990. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. Cereal Chem. 67:275–281.

- DEÁN, M.E. 1980. Medición de "collositá" en pastas. Comunicación Laboratorio Calidad Industrial Barrow N.º 12.
- DEÁN, M.E.; SEGHEZZO, M.L. 1978. Técnica farinográfica para la comparación de trigos candeales. Comunicación Laboratorio Calidad Industrial Barrow N.º 9.
- DEXTER, J.; MATSUO, R.; KOSMOLAK, F.; LEISLE, D.; MAR-CHILO, B. 1980. The suitability of the SDS test for assessing gluten strength in durum wheat. *Can J. Plant Sci.* 60:25–29.
- GRUBER, W.; SARKAR, A. 2012. Durum Wheat milling: En SISSONS, M.J.; ABECASSIS, J.; MARCHYLO, B.; CARCEA, M. (ed.). *Durum Wheat: Chemistry and Technology*. 2.ª ed. – AACC. Capítulo 8 :139–159.
- FORJÁN, H.; MANSO, L. 2016. El área ocupada por los cultivos de cosecha fina en la región. (Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/el-area-ocupada-por-los-cultivos-de-cosecha-fina-en-la-region-0> verificado: 16 de enero de 2017).
- FU, B.X.; POZNIAK, C.J. 2015. Improving Canadian Durum wheat quality: objectives for genetic enhancement and science-based grade standards. Abstract International Conference from Seed to Pasta and Beyond. Milán, Italia.
- FU, B.X.; TAYLOR, D.; NAM, S. 2016. Breeding durum wheat for quality. From de Soil to the supermarket. 66th Australasian Grain Science Conference, Australia. 3.2–39.
- GURURAJ, K.; SISSON, M. 2016. Breeding durum wheat for quality. From de Soil to the supermarket. 66th Australasian Grain Science Conference, Australia. 4.5–52.
- INASE, Dirección de Registro de variedades- Instituto Nacional de Semillas.
- IRAM 301:2005 (ISO/IEC 17025:2005). "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración" Norma ISO 17025.
- IRVINE G., BRADLEY J. and MARTIN G. 1961. A Farinograph technique for macaroni doughs. *Cereal Chem*, Vol 38 (2): pp.153–164.
- JARA PODESTÁ, A. 2011. Caracterización y mercados del trigo del trigo candeal-Dirección de Mercados Agroalimentarios. Newsletter N.º 59.
- JENSEN, C. 2001. Manual Técnico: Trigo candeal. Material Divulgación N.º 3. Capítulos: I Áreas de Cultivo: 13–14 y XI. Calidad comercial e industrial. pp. 83–88.
- KEZIH, R.; BEKHOUCHE, F.; MERAZKA, A. 2014. Some traditional Algerian products from durum wheat-African Journal of Food Science. Vol. 8(1), pp. 30–34.
- LAFIANDRA, D.; MASCI, S.; SISSONS, M.; DORNEZ, E.; DECOUR, J.; COURTIN, C.; CABONI, M.F. 2012. Kernel components of technological value. Capítulo 6. En: SISSONS, M.; ABECASSIS, J.; MARCHYLO, B.; CARCEA, M. (ed.). *Durum Wheat: Chemistry and Technology*. 2nd edition. pp. 85–124.
- LARSEN, A.; JENSEN, C. 2014. Evaluación de cultivares de trigo candeal Campaña Agrícola 2013/14. *Agrobarrow* N.º 54.
- LARSEN, A.; JENSEN, C.; SEGHEZZO, M.L. 2014 Rendimiento y calidad de trigo candeal (*Triticum turgidum ssp. durum*) en el sur bonaerense. *Proceedings XII Argentine Congress of Genetic*. Vol. 25. Issue 1. p. 186.
- LEZCANO, E. 2016. Pastas Alimenticias-Alimentos Argentinos N.º 70. pp.41–48.
- LOEWY, T.; SALOMÓN, N. 2004. Efecto de la fertilización complementaria sobre las variables de calidad en trigo. *Actas VI Congreso Nacional de Trigo, Bahía Blanca*. pp. 151–152.
- MASIERO, B.; FRASCHINA, J.; CUNIBERTI, M. 2011. Factors modifying the industrial quality index used to recommend wheat cultivars in Argentina. Abstract Book II Conferencia Latinoamericana de Cereales ICC 2011: Key for cereal chain innovation. Santiago, Chile. p. 116.
- MASSI, A. 2015. Durum wheat breeding: Tasks and new challenges. *Annali Accademia Nazionale di Agricoltura*. Año Académico 207, v Serie. pp. 78–82.
- MATUS, I.; MADARIAGA, R.; ALFARO, C.; JOBET, C. 2011. Lleuque-INIA, New high yield spring durum wheat variety for Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71(2) April-June 2011. pp. 333–339.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2016. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Estimaciones Agrícolas 2016. (Disponible: <http://dev.siiia.gov.ar/series> verificado: octubre de 2016).
- MOLFESE, E.R.; ASTIZ, V.; LARSEN, A.; JENSEN, C.; SEGHEZZO, M.L. 2016. Evaluación de la calidad de variedades comerciales de trigo candeal (*Triticum turgidum ssp. durum*) de Argentina. VII Congreso Nacional de Trigo. Pergamino.
- MONES CAZÓN, L. 1998. Demandas de trigos y harinas de la industria argentina. INTA.
- NAZCO, R.; VILLEGAS, D.; AMMAR, K.; PEÑA, J.; MORGUES, M.; CONXITA ROYO. 2012. Can Mediterranean durum wheat landraces contribute to improved grain quality attributes in modern cultivars? *Euphytica* (2012) 185, pp. 1–17.
- Norma SENASA XXI. 1988. Estándar oficial para la comercialización de trigo fideo- Resolución de la ex-Junta Nacional de Granos N° 31591. Normas IRAM de Argentina.
- Pastas Alimenticias. 2016. Informe Sectorial. UIFRA. p. 6.
- PEÑA, R.J. 2000. Durum wheat for pasta and bread-making. Comparison of methods used in breeding to determine gluten quality-related parameters. En: *Options Méditerranéennes. Serie A 40*. pp. 423–430.
- Premio Barilla dal grano alla pasta. 1996. Barilla, Italia.
- RONCALLO, P.; AKKIRAJU, P.; CARRERA, A.; HELGUERA, M.; CERVIGNI, G.; MIRANDA, R.; JENSEN, C.; ECHENIQUE, V. 2007. Factors affecting durum wheat grain color. *Actas I Conferencia Latinoamericana ICC*. Rosario. p. 45.
- SEGHEZZO, M.L. 2014. Calidad en trigo candeal. Ediciones INTA. p. 68.
- SEGHEZZO, M.L., MOLFESE, E.R.; BERGH, R.; JENSEN, C. 1998. El lavado en trigo candeal. *Actas IV Congreso Nacional de Trigo*. Mar del Plata. pp. 5–11.
- SEGHEZZO, M.L.; MOLFESE, E.R. 1999. Trigo candeal. Criterios para la evaluación de la calidad. *Miscelánea N.º 2*. INTA MAA. p. 12.
- SEGHEZZO, M.L.; MOLFESE, E.R.; ROSALES HEREDIA, S.; ABBATTE, P.E. 2011. Effect of cultivar, year, location and its interactions on quality of durum wheat. II Latin American Cereal Conference (ICC 2011). BGC-P-8, 119. Santiago de Chile.
- SEGHEZZO, M.L.; MOLFESE, E.R. 2014. Evolución del índice de evaluación de la calidad del trigo candeal. *Actas Seminario Internacional de Trigo-INIA-Uruguay*. p. 76.
- SIEBER, A.; WÜRSCHUM, T.; FRIEDRICH, C.; LONGIN, H. 2015. Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat. *Journal of Cereal Science* 61 (2015). pp. 71–77.
- SILVA, P.; KOLOPP, J.; ACEVEDO, E. 2007. Trigo candeal: ¿dónde cultivar para tener una mejor calidad? En: ACEVEDO, E.; SILVA, P. (Eds.). *Trigo Candeal: Calidad, mercado y zonas de cultivo*. Serie Ciencias Agronómicas N.º 12. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. pp. 89–102.
- SISSONS, M.J. 2008. Role of Durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bread. *FOOD* 2(2). pp. 75–90.
- SISSONS, M.J. 2016. GlutoPeak: A Breeding Tool for Screening Dough Properties of Durum Wheat Semolina. *Cereal Chemistry Journal First Look*. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM-03-16-0063-R>
- SUBIRA, J.; PEÑA, R.J.; ÁLVARO, F.; AMMAR, K.; RAMDANI, B.; ROYO, C. 2014. Breeding progress in the pasta-making quality of durum wheat cultivars released in Italy and Spain during the 20th Century 2014. *CSIRO PUBLISHING Crop & Pasture Science*, 2065. pp.16–26. <http://dx.doi.org/10.1071/CP13238>
- Trigo Argentino. Informe Institucional sobre su calidad. 2016. (Disponible: <http://www.trigoargentino.com.ar/> verificado: octubre de 2016).