

CAPÍTULO 19

Cebada cervecera: calidad

Ana Carolina Castro

La calidad de la cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.) está definida por el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo- ambiente (Moreyra, 2016). Una misma variedad puede comportarse de diferente forma según el ambiente de cultivo y el manejo agronómico dado. Los granos de cebada germinados, secados y tostados dan como resultado la malta que es el principal insumo para la elaboración de la cerveza y otras bebidas tales como el whisky y el vinagre de malta. La malta se produce en industrias llamadas malterías. En Argentina tres grandes empresas concentran el 90% de su producción (Gimenez, 2017). Brasil es el principal comprador de malta argentina con más de 400.000 t (Ministerio de Agroindustria, 2020), seguido por Chile y Paraguay.

Características de calidad que debe reunir el grano de cebada

Las malterías requieren un elevado porcentaje de granos con gran tamaño (calibre alto), debido a que los granos grandes tienen más almidón. Requieren también un porcentaje de germinación alto (98%), ya que este proceso es una condición esencial para el malteado y un porcentaje de proteína entre 10 y 11%, con una tolerancia de recibo hasta 12%. Un alto porcentaje de proteína conduce a un menor contenido de almidón por la relación almidón/proteína en el endosperma, pérdida de extracto por descomposición insuficiente del almidón, afectación de la estabilidad coloidal y las características organolépticas (Mac Gregor, 1996; Kunze, 2006). Por el contrario, un bajo porcentaje de proteína produce escasa formación de espuma, aromas y sabores desagradables dado por la presencia de sustancias que reemplazan los aminoácidos que sustentan la nutrición de las levaduras (Hough, 1990). Las características de calidad comercial se encuentran detalladas en la Norma de Comercialización de Cebada (Norma V Resolución 27/2013) y se describen en el capítulo 20 “Cebada cervecera: usos y comercialización” de este libro.

La humedad es otro parámetro de gran importancia. La norma de comercialización fija un valor de 12,0% con una tolerancia de 12,5%. Una humedad elevada favorece la presencia de hongos productores de micotoxinas. Durante el malteado y elaboración de cerveza suelen eliminarse, pero se debe considerar que su presencia afecta la calidad y causa la expulsión vio-

lenta de la espuma al abrir las botellas (“gushing”) (Laitila *et al.*, 2007). El grano de cebada debe poseer un color amarillo pajizo y cierto brillo. Esta característica es un indicativo del estado sanitario del grano ya que si presenta coloraciones oscuras en la base pueden deberse a la presencia de hongos (*Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera teres* y *Alternaria* spp.) que deprecian la calidad del malteado y la germinación. El brillo indica buena maduración y que ha sido almacenado correctamente. El olor debe ser típico del cereal, no debe presentar olores “a humedad” (Arias, 1991) (Fig. 19.1).



Fig. 19.1. Granos de cebada cervecera.
Foto propia.

El porcentaje de las cáscaras (glumelas) y la forma del grano influyen en el rendimiento de la malta. Es deseable un bajo porcentaje de cáscaras (7 a 9%) ya que las sustancias secas que se solubilizan en el mosto otorgan gustos desagradables y disminuyen la estabilidad de la cerveza. Las cáscaras deben ser finas, elásticas y estar adheridas al grano. Esto sucede en la maduración cuando el grano pierde humedad y las cáscaras se adhieren reduciendo el volumen. Se aprecia en forma visual en la parte dorsal del grano (Arias, 1991). La forma del grano es una característica relevante para la calidad industrial. Cuanto más redondeado y homogéneo mejor será la distribución de enzimas y así la transformación del endosperma será pareja (Savin & Aguinaga, 2011).

La industrialización del grano de cebada: elaboración de malta

En la elaboración de malta se distinguen cinco fases: selección de la materia prima, remojo, germinación, secado, desbrote y limpieza. El **remojo** tiene como finalidad aumentar

la humedad de los granos desde un 12% hasta 40-42% en un período de 18 a 36 h. Para lograr una germinación homogénea se realizan inmersiones en cubas y descansos de aire. Durante la inmersión, el grano se cubre de agua con una temperatura entre 15 y 18°C y se le inyecta oxígeno o se remueve el conjunto para su aireación. Los descansos de aire consisten en la eliminación del agua y la extracción del dióxido de carbono generado (Savin & Aguinaga, 2011). En cada maltería se utilizan diferentes tipos de cuba, tiempos de inmersión y descanso y temperaturas que variarán según la variedad de cebada utilizada, las características del grano, la época del año, etc. (Savin & Aguinaga, 2011). Finalizada esta etapa se obtiene la “malta verde” que es transferida a las cajas de germinación. Las cajas de germinación reciben el nombre de saladines y existen diferentes tipos: caja (Fig. 19.2) o circular (Fig. 19.3).



*Fig. 19.2. Caja de germinación.
(Foto gentileza Luis Alberto Dimotta).*



*Fig. 19.3. Caja de germinación circular.
(Foto gentileza Luis Alberto Dimotta).*

La **germinación** de los granos implica la síntesis y liberación de enzimas hidrolíticas y disolución de la estructura física del endosperma. En la fase de remojo, el agua ingresa a los granos a través de las glumelas y pericarpio, luego por la micrópila. Así, se activa el transporte de giberelinas desde el embrión hacia la capa de aleurona (único tejido vivo del endosperma) donde se activa la síntesis y movimiento de enzimas (amilasas, glucanasas y proteasas) hacia el endosperma (Fincher & Stone, 1978) (Fig.19.4). Hay dos vías de provisión de enzimas: escutelo y aleurona (Narziss, 1976) y se agregan la beta-amilasa generada durante la germinación (Hejgaard, 1978). Las paredes celulares y la matriz proteica son disueltas enzimáticamente durante la germinación, exponiendo los gránulos de almidón. Esto se denomina modificación del endosperma (Fig. 19.5).

El almidón es transformado a azúcares simples. En el malteado, la proporción de los azúcares debe ser bajo para garantizar el metabolismo embrionario. En la cervecería se completará esta etapa degradando el almidón hasta dextrinas y azúcares fermentables en la etapa de maceración o cocimiento (Bamforth & Barclay, 1993). El crecimiento de las raíces y del coleoptile (llamado acróspiro en la industria) debe ser escaso para evitar pérdidas de materia seca.



*Fig. 19. 4. Granos de cebada en remojo.
(Foto gentileza Luis Alberto Dimotta)*



*Fig. 19.5. Granos de cebada germinados.
(Foto gentileza Luis Alberto Dimotta)*

El **secado** tiene como objetivo disminuir el contenido de humedad logrado en la germinación desde 45-46% a 4,5% a través de proporcionar caudales de aire controlados. Inicialmente se utilizan temperaturas que varían entre 35 a 50°C para llegar a temperaturas de 82°C a 85°C. El ascenso de temperatura es gradual y debe conservar la actividad biológica de las enzimas sin desnaturalizarlas (Savin & Aguinaga, 2011). Existen distintos tipos de secado que proporciona-

rán distintos tipos de malta según el tipo de cerveza que se desee elaborar (Gimenez, 2017). Por último, se realiza el **desbrotado** que consiste en la remoción de las raicillas y estructuras que exceden la longitud de los granos y la **limpieza** que elimina restos de raíces, acróspiros (coleóptile) y polvo. Luego la malta es almacenada en silos para su estabilización y *blending* (mezclas que homogeneizan la calidad).

La elaboración de cerveza tiene tres etapas malteado, cocimiento y fermentación (Narziss, 1976; Kunze, 2006). El cocimiento es la fase en la cual la malta es molida y mezclada con agua caliente, así un 75% de su contenido es disuelto por enzimas (Bamforth & Barclay, 1993). Luego se utiliza la filtración para separar el extracto acuoso (mosto) de la parte insoluble (orujo). Al mosto se le agrega lúpulo que otorga amargor y aromas. A continuación, la mezcla obtenida es llevada a cocción, posterior enfriado y agregado de levaduras (Gimenez, 2017). Durante la fermentación, las levaduras transforman los azúcares del almidón degradado en alcohol y dióxido de carbono. La cerveza deberá pasar un tiempo de reposo donde se madurará y definirá su gusto. Por último, se filtra y envasa para su destino final.

La evaluación de la calidad industrial

La European Brewery Convention (EBC) establece normas y métodos de medición de calidad para los países europeos que son miembros. Así mismo, Argentina, Brasil y Uruguay adhieren a estas normas. Hay muchos parámetros que hacen a la calidad de la malta y la cerveza y su importancia es relativa según el tipo, las características y la calidad de cerveza que se desea producir.

Porcentaje de friabilidad

Cuantifica el grado de desagregación del endosperma. El endosperma se modifica por acción de enzimas citolíticas que degradan la pared celular y proteolíticas que degradan la matriz proteica. Es una condición de calidad en la malta. Se determina moliendo el grano con rodillos de goma y separando la fracción friable (harina) de la no friable (partículas de endosperma que permanecen cohesionadas). Se expresa en %. Se considera buena friabilidad a valores que superan el 80%-85% (Gimenez, 2017) (Fig. 19.6). Otra forma de medir la desagregación del endosperma es a través del Farinógrafo de Brabender, el cual registra el esfuerzo de molienda denominado “dureza de malta”. Las maltas que han sido correctamente modificadas requieren un esfuerzo menor que aquellas que han sido transformadas parcialmente. La dureza de malta se relaciona estrechamente con el porcentaje de proteína (Savin & Aguinaga, 2011).



Fig. 19.6. Determinación de friabilidad en malta con Friabilímetro. Laboratorio de Calidad de Cebada y Malta. Mejoramiento y Calidad Vegetal- INTA Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. Foto gentileza Dra. Ing. Agr. Verónica Conti.

Índice de Kolbach

El índice de Kolbach expresa el porcentaje del nitrógeno de la malta que se solubiliza en el mosto y también se denomina índice de disolución del nitrógeno. Dependiendo del tenor proteico, una mayor o menor disolución dará valores muy diversos de nitrógeno soluble (Arias, 1991). Las cervecerías requieren valores máximos de 42%. Los valores elevados indican proteólisis y como consecuencia se afecta la calidad de la espuma y el sabor (Savin & Aguinaga, 2011).

Alfa-amilasa

Determina la descomposición del almidón a dextrina por la actividad enzimática (Savin & Aguinaga, 2011). Cuanto más elevado sea el contenido de alfa-amilasa, será mejor la transformación del almidón (Arias, 1991). Puede evaluarse por espectrofotometría o ASBC (EBC, 1998).

Poder diastásico

Representa la capacidad total de la malta para degradar el almidón hasta azúcares reductores a través de la alfa y beta amilasa y otras enzimas relacionadas (Savin & Aguinaga, 2011). Se correlaciona positivamente con el porcentaje de proteína y negativamente con el extracto (Arias, 1991).

Porcentaje extracto congreso y el índice de Hartong a 45°C

Estos parámetros se determinan en el mosto. El mosto es la suspensión obtenida de la malta molida en agua, mediante una maceración con tiempos y temperatura controlada en un macerador (Fig 19.7). El extracto es el total de sustancias solubles de malta (en porcentaje s/s) obtenidas a partir de la maceración. Se relaciona con la cantidad de cerveza que es posible elaborar a partir de una malta (Gimenez, 2017). El extracto está formado por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, vitaminas y sales, que han sido solubilizados durante la maceración y está negativamente relacionado con el contenido proteínas de los granos (Cattivelli *et al.*, 1994). Posteriormente se filtra y se separan las sustancias insolubles quedando el líquido o mosto (Fig. 19.8) (Savin & Aguinaga, 2011). El índice de Hartong (Vz 45°C) es un parámetro que indica la intensidad potencial de acción de las enzimas proteolíticas desarrolladas durante el proceso de malteo. Se realiza una maceración a 45°C, (temperatura óptima para las enzimas proteolíticas), durante 1 hora (mosto Hartong). Por ese motivo, el extracto generado en tales condiciones (en porcentaje s/s) está compuesto fundamentalmente por sustancias nitrogenadas como producto de la disolución de proteínas complejas (Gimenez, 2017).



Fig. 19.7. Maceración de la malta molida. Laboratorio de Calidad de Cebada y Malta. Mejoramiento y Calidad Vegetal- INTA Estación Experimental Agropecuaria Bordenave.
Foto gentileza Dra. Ing. Agr. Verónica Conti.



*Fig. 19.8. Filtrado del mosto. Laboratorio de Calidad de Cebada y Malta. Mejoramiento y Calidad Vegetal-INTA Estación Experimental Agropecuaria Bordenave.
Foto gentileza Dra. Ing. Agr. Verónica Conti*

Porcentaje de Proteína en malta (total y soluble)

El porcentaje de proteína en malta es 0,1 a 0,5 % inferior al porcentaje de proteína en grano ya que las raicillas tienen un elevado contenido proteico (20-22%) y son removidas una vez finalizada la germinación (Arias, 1991).

Nitrógeno soluble en el mosto

Es una determinación que se realiza en el mosto para saber el nitrógeno soluble hallado y se expresa en mg/100 g de malta sustancia seca (Arias, 1991).

FAN estimado (*free amino nitrogen*) o Compuestos amino nitrogenados

En el grupo de sustancias de bajo peso molecular, se puede determinar el formol-nitrógeno y el alfa-amino nitrógeno, también conocido como FAN (Free Amino Nitrogen) (compuestos amino nitrogenados libres) que debe ser superior a 140 mg/100 g. Estas dos fracciones de

nitrógeno de bajo peso molecular deben estar debidamente representadas para que se desarrolle normalmente la fermentación primaria, la secundaria y para que se encuentren en menor proporción cuanto más elevado sea el nitrógeno soluble (Arias, 1991).

Tiempo de sacarificación (min)

Las enzimas alfa y beta amilasas degradan el almidón a maltosa y dextrinas durante la germinación. Esta prueba es una medida aproximada de la hidrolización del almidón. El tiempo de sacarificación se mide durante la realización del método del congreso. Cuando se alcanzan los 70 °C, se prueba, cada cinco minutos, una gota de la solución con una solución de yodo (2,5 g de yodo + 5 g de yoduro de potasio en 1 l de agua). Actualmente esta determinación no se considera de mucha relevancia en relación con la práctica cervecera. La mayoría de las maltas tienen de 10 a 15 minutos. Solamente una malta muy mal modificada tendrá una sacarificación superior a veinte minutos (Arias, 1991).

Tiempo de filtración (min)

Un tiempo de filtración elevado predice dificultades por modificación incompleta o betaglucanos parcialmente degradados. Una elevada concentración de betaglucanos indica descomposición parcial y afecta la filtración. Por esto mismo, la cuantificación de **betaglucanos** y la determinación de la **viscosidad** son parámetros de calidad relevantes (Savin & Aguinaga, 2011).

Atenuación límite aparente

Es el porcentaje de azúcares fermentables en el mosto, relacionado con la actividad amilolítica y el tipo de almidón. Las levaduras pueden utilizar la glucosa, maltosa y triosa. Las dextrinas no son fermentables (Savin & Aguinaga, 2011).

Factores que influyen en la calidad de la cebada cervecera

Cada genotipo posee características particulares de calidad que se manifiestan desde el inicio del proceso de producción por ejemplo en la absorción de agua durante el remojo. Cada lote de variedades tendrá ciertas características que obligarán a adecuar los esquemas de producción en cuanto a tiempos, temperatura y humedad. En este sentido, es importante conservar la pureza varietal, no mezclar lotes y realizar una adecuada limpieza. Es común que las

malterías o cervecerías establezcan contratos con los productores para la siembra de determinadas variedades que garanticen cualidades buscadas en la industria.

Además de las características genotípicas, influyen el ambiente (condiciones ambientales de las localidades durante el cultivo y especialmente en el desarrollo del grano) y el manejo realizado (fecha de siembra). También existen interacciones genotipo-ambiente. Algunas características como la estructura del endosperma está influenciada por el genotipo y el porcentaje de proteína por el ambiente (Aguinaga, 2004).

Con respecto a la **temperatura**, es sabido que acelera la tasa de desarrollo ontogénico. A mayor temperatura, más corto es el ciclo de cultivo. Esto reduce la acumulación de biomasa ya que el cultivo tiene menos tiempo para aprovechar los recursos de radiación y dióxido de carbono. Esto ocasiona una menor fuente de nitrógeno para ser redistribuido entre los granos. Es probable que el número de granos sea menor por la menor acumulación de biomasa en la menor duración del ciclo. El porcentaje de proteína no se altera o lo hace en forma no significativa. Al revés sucede con el rendimiento que si se ve reducido (Savin & Aguinaga, 2011).

El aumento de temperatura (de 15 a 30°C) durante el llenado del grano afecta la composición del grano incrementando el porcentaje de proteína. La causa de esto radica en que el aumento de temperatura genera una disminución del almidón acumulada. Inclusive el almidón se reduce relativamente más que la proteína (Jenner *et al.*, 1991). Esto se debe a que la acumulación de carbohidratos está limitada por los destinos (Slafer & Savin, 1994) que se reducen con la alta temperatura y la acumulación de proteínas por la fuente de nitrógeno (Dreccer *et al.*, 1997; Savin *et al.*, 2006). En esta situación, el rendimiento disminuye (por menor peso de granos) y el exceso de proteína perjudica la calidad de la malta (Savin *et al.*, 2004). Además, las altas temperaturas durante el llenado del grano acortan el período de crecimiento, obteniéndose mayor proporción de almidón “tipo B” asociado con hordeínas y betaglucanos. Esto genera un endosperma cerrado que dificulta el movimiento enzimático y así la disolución de la estructura del endosperma (Savin & Aguinaga, 2011).

Otro aspecto de gran interés lo constituye la **disponibilidad de nitrógeno**. En pre-floración los carbohidratos o fotoasimilados son usados para crecimiento y mantenimiento de hojas, tallos y estructuras de la espiga no granarias. La absorción de nitrógeno también es activa y el nitrógeno forma estructuras en las hojas. Cuando las hojas senescen, esos compuestos nitrogenados se remobilizan al grano. En post-floración, al inicio del llenado de grano, continúa suministrando carbohidratos al grano en crecimiento que es el órgano prioritario y acumulando reservas. Una pequeña proporción de carbohidratos se usa para el mantenimiento del cultivo. Sin embargo, hay dos cuestiones para considerar. Por un lado, el suelo suele estar seco por la demanda atmosférica de la época y por otro, la oferta de nitrógeno del suelo es baja con lo cual la absorción es escasa con respecto a la demanda de los granos. La demanda de los granos se cubre con la removilización de reservas (Savin & Aguinaga, 2011).

Durante la última fase del llenado de grano la absorción de nitrógeno es nula pero la planta utiliza las reservas acumuladas en etapas previas para satisfacer las demandas de los granos que están creciendo. Las hojas han senescido y ya no se producen fotoasimilados, sin embargo, se remobilizan las reservas hidrocarbonadas. Las variaciones en el contenido de proteína

(%) de los granos dependen de la cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo y es independiente de la dinámica de carbohidratos del grano. La calidad maltera depende del tipo de proteína de reserva que se genere. Condiciones favorables para la absorción de nitrógeno, promueven la síntesis del tipo de proteína hordeína-D que disminuye la calidad maltera (Peltonen *et al.*, 1994) mientras que bajos niveles de nitrógeno en los granos y baja fracción de hordeínas D/B, aumentarían la calidad maltera (Peltonen *et al.*, 1994). Esto explica la diferente calidad maltera que puede obtenerse con un mismo porcentaje de proteína en distintos ambientes de cultivo (Savin & Aguinaga, 2011).

La **disponibilidad hídrica** es otro factor fundamental en la producción de granos. Según el momento en el que sea escaso, la repercusión será en la fuente, en el destino de carbohidrato o proteína. La falta de agua dificulta la absorción de nitrógeno y la cantidad total removilizada a los granos (Savin *et al.*, 1996). Si se produce estrés hídrico en el inicio del llenado de grano se reduce el tamaño potencial del grano y con eso la demanda de carbohidratos se ve reducida. En ensayos experimentales llevados a cabo en invernadero, cámara de crecimiento y campo se observó una disminución de betaglucanos (relacionado con la viscosidad del mosto) en condición de estrés severo (Coles *et al.*, 1991; MacNicol *et al.*, 1993; Savin & Nicolas, 1996; 1999; Stuart *et al.*, 1998,).

Referencias

- Aguinaga, A.A. (2004). *Análisis de las relaciones entre proteínas de reserva, calidad maltera y ambiente de cultivo en cebada cervecera*. Tesis Magister en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Sur. Recuperado de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/>
- Arias, G. (1991). *Calidad industrial de la cebada cervecera*. Serie técnica 18. Montevideo, Unidad de difusión e información. INIA.
- Cattivelli, L., Delogu, G., Terzi, V. & Stanca A M. (1994). Progress in barley breeder. En G.A. Slafer (Ed.), *Genetic Improvement of Field Crops* (95-161). New York, Marcel Dekker Press.
- Coles, G.D., Jamieson, P.D & Haslemore, R.M. (1991). Effect of moisture stress on malting quality in Triumph barley. *Journal of Cereal Science*, 14, 161-177.
- Dreccer, M.F., Grashoff, C & Rabbinge, R. (1997). Source sink ratio in barley (*Hordeum vulgare* L.) during grain filling: effects on senescence and grain protein concentration. *Field Crops Research* 49, 269-277.
- European Brewery Convention. (1998). Analytica. EBC, 5ta ed. Verlag Hans Carl, Getränke Fachverlag.
- Fincher, G.B. & Stone, B.A. (1993). Physiology and biochemistry of germination in barley. En A. Mac Gregor & R. Bhatti (Eds.), *Barley chemistry and technology*. (247-295). USA: American Association Cereal Chemists.
- Gimenez, F. (2017). *Ganancia Genética en Cebada Cervecera (Hordeum vulgare L.) en Argentina durante el período 1931-2007*. Tesis doctoral. Recuperado de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3973>

- Hough, J. (1990). *Biología de la cerveza y de la malta*. Zaragoza: Acibia S.A.
- Jenner, C.F., Ugalde, D.T & Aspinall, D. (1991). The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 18, 211-226.
- Kunze, W. (2006). *Tecnología para cerveceros y malteros*. Berlín, VLB.
- Laitila, A., Sarlin, T., Kotaviita, E., Huttunen, T., Horne, S. & Wilhelmson, A. (2007). Yeast isolated from industrial maltings can suppress *Fusarium* growth and formation of gushing factors. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 34, 701-713.
- Mac Gregor, A. (1996). Biochemistry of malting. The way forward. Proceeding of VII International Barley Genetic Symposium. University of Saskatchewan, Canada, 1-6.
- MacNicol, P.K., Jacobsen, J.V., Keys, M.M. & Stuart, I.M. (1993). Effects of heat and water stress on malt quality and grain parameters of Schooner barley grown in cabinets. *Journal of Cereal Science*, 18, 61-68.
- Ministerio de Agroindustrias. (2020). Recuperado de www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/
- Moreyra, F. (2016). Atributos de calidad en la red nacional de cebada cervecera. Simposio 3. VIII Congreso Nacional de Trigo. VI Simposio de Cereales de siembra otoño-invernal. II Reunión del Mercosur.
- Narziss, L. (1976). *Die Bierbrauerei*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- Peltonen, J., Rita, H., Aikasalo, R. & Home, S. (1994). Hordein and malting quality in Northern barleys. *Hereditas*, 120, 231-239.
- Savin, R., Dreccer, M.F. & Slafer, G.A. (1996). Trigo y cebada. Calidad de los granos, influencia de factores durante el llenado de los granos. *Revista CREA*, 187, 60-64.
- Savin, R., Passarella, V.S. & Molina-Cano, J.L. (2004). The malting quality of barley. En: R.L. Benech-Arnold y R.A. Sanchez, (Eds.), *Handbook of seed physiology* (429-456). New York: Food Product Press.
- Savin, R., Prystupa, P & Araus, J.L. (2006). Hordein composition as affected by post- anthesis source-sink ratio under different nitrogen availabilities. *Journal of Cereal Science*, 44, 113-116.
- Savin, R & Nicolas, M.E. (1996). Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23, 201-210.
- Savin, R. & Nicolas, M.E. (1999). Effects of timing of heat stress and drought on grain growth and malting quality of barley. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 357-364.
- Savin, R. & Aguinaga, A.A. (2011). Los requerimientos de la industria. En D. Miralles, R.L. Benech Arnold & G. Abeledo (Eds.), *Cebada Cervecera* (206-240). Buenos Aires, FAUBA.
- Slafer, G.A. & Savin, R. (1994). Source-sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crop Research*, 37, 39-49.
- Stuart, I.M., Loi, L. & Fincher, G.B. (1998). Varietal and environmental variations in (1,3, 1,4)-glucan levels and (1,3 1,4) glucanase potential in barley: relationships to malting quality. *Journal of Cereal Science*, 7, 61-71.