

Universidad de la República
FACULTAD DE AGRONOMIA



FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECAS

**CONCRECIÓN DEL RENDIMIENTO
A NIVEL DE CHACRA DE CEBADA
CERVECERA EN URUGUAY**
La importancia del peso de grano

Ings. Agrs. Esteban Hoffman, Luis Viega,
Fernando Ducamp, Sebastián Mazzilli

NOTAS TECNICAS

Nº 51

MONTEVIDEO - URUGUAY



Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía. Garzón 780. Montevideo - URUGUAY.

Comisión de Publicaciones

Ing. Agr. Omar Borsani
Ing. Agr. Graciela Romero
Ing. Agr. Guillermo Galván
Ing. Agr. Gustavo Uriarte (Editor)
Bach. Liliana Malutin
Bach. Pablo Haubman

Concreción del rendimiento a nivel de chacra de cebada cervecera en Uruguay. La importancia el peso de grano / Esteban Hoffman, Luis Viega, Fernando Ducamp, Sebastián Mazzilli.- Montevideo : Facultad de Agronomía, 2006.- 19 p. - (Nota Técnica : 51)

I. Hoffman, Esteban
II. Viega, Luis
III. Ducamp, Fernando
IV. Mazzilli, Sebastián
1. CEBADA CERVECERA
2. RENDIMIENTO DE CULTIVOS
3. GRANOS CDU 633.16

FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOTECA

CONCRECIÓN DEL RENDIMIENTO A NIVEL DE CHACRA DE CEBADA CERVECERA EN URUGUAY . La importancia del peso de grano.

Esteban HOFFMAN¹, Luis VIEGA², Fernando DUCAMP¹, Sebastián MAZZILLI¹

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de rendimiento de cebada cervecera ha sido posible por el desarrollo sostenido de la tecnología y uso de material genético mejor adaptado al ambiente de producción del Uruguay. Durante la década de los noventa, a nivel de producción se eliminaron grandes defectos (edad de chacra, época de siembra) ajustando el manejo específico del cultivo (control de malezas, fertilización, ajuste de la población, manejo de enfermedades). Esto fue consecuencia del esfuerzo de la investigación nacional en parte canalizado a través de la Mesa Nacional de Cebada.

¹. Departamento de Producción Vegetal. Estación Experimental Dr Mario A. Cassinoni. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay e-mail: tato@fagro.edu.uy

². Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay e-mail: lviega@fagro.edu.uy

Recibido el 30 de noviembre, 2004

Aprobado el 6 de octubre, 2005

El avance conseguido en el conocimiento de las bases fisiológicas de respuesta al manejo permitió generar tecnología que ubica la producción de cebada en un alto nivel en la región. Este avance es fácilmente detectado cuando se realizan estimaciones de rendimiento precosecha a nivel de chacra. Sin embargo, en las últimas zafas aparecen con mayor frecuencia diferencias importantes entre el rendimiento estimado y el real.

A los efectos de cuantificar y diagnosticar las posibles causas que derivan en errores de estimación de cosecha se efectuó durante la zafra 2003 un relevamiento de 40 chacras comerciales de cebada preseleccionadas, ubicadas en las principales zonas productoras del país. En particular se pretendió conocer la influencia de algunos factores tales como: fisiológicos, sanitarios, quebrado de tallo y los derivados de la propia cosecha.

El mismo formó parte de las actividades financiadas por la Mesa Nacional de Cebada para la zafra 2003. La ejecución fue posible por la participación de 16 técnicos de las empresas malteras (MOSA y MUSA) y sus distribuidores quienes seleccionaron las chacras, efectuaron los muestreos y recopilaron la información necesaria para la interpretación de los resultados que aquí se presentan.

La presente publicación pretende dar un marco teórico al problema y poner a disposición de técnicos y productores del sector los principales resultados y conclusiones que se pueden extraer del mencionado relevamiento.

2. ANTECEDENTES

El rendimiento final en grano del cultivo de cebada es la resultante de complejas interacciones de eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo ontogénico. La implantación, el macollaje y el crecimiento de cada uno de los tallos, determinan el número de espigas por superficie. Mientras que ello ocurre en los ápices de cada uno de los tallos se generan las estructuras que pasarán luego a formar los granos de cada espiga. Luego de la antésis cada grano alcanzará el peso final de acuerdo a la capacidad del cultivo de proveer fotoasimilados y a la capacidad de cada grano de demandarlos.

A pesar de la alta domesticación de la especie durante miles de años, el carácter conservacionista se ha mantenido, implicando que el resultado de cada uno de estos eventos esté fuertemente determinado por las condiciones más o menos propicias del ambiente durante cada una de las etapas en que se desarrolla el cultivo. Una alta capacidad de producción de espigas o granos/espiga, no garantiza que el número final de granos sea elevado o que el tamaño de cada grano sea mayor. La planta de cebada se asegurará de que sólo sobrevivan aquellas estructuras capaces de dar una nueva progenie (Ralph, 1984). Esta condición conservacionista se contrapone con el carácter productivo lo que dificulta una precisa estimación precoz del nivel de rendimiento final de un cultivo a nivel de chacra.

Las características ambientales dadas por la ubicación geográfica del área de siembra de los cultivos de invierno en Uruguay (31° a 33 ° S), determinan condiciones no siempre propicias para el desarrollo de los cereales de invierno. Variaciones en el régimen de precipitaciones y temperaturas que se pueden considerar cercanas a los valores marginales para estas especies condicionan los procesos que definen el potencial y/o la concreción del rendimiento del cultivo. Ello explica la alta variabilidad de los rendimientos entre años, región, fecha de siembra y tipo de cultivar. Cultivos cuyo potencial de rendimiento preantesis es elevado, pueden verse enfrentados durante el llenado de grano a temperaturas promedio por encima de 18 - 20 °C, lo que aumenta la tasa o velocidad de desarrollo, acorta el ciclo y disminuye la capacidad fotosintética del cultivo, hipotecando el rendimiento final en grano. Independientemente de otros factores de manejo, la incidencia de enfermedades en relación a las variaciones climáticas actúan en el mismo sentido.

El mayor potencial de rendimiento de nuevos cultivares en cereales de invierno, ha sido explicado por el incremento en el Índice de Cosecha o sea el incremento de la proporción del total de biomasa aérea producida que se destina a granos (Evans, 1993; Castro et al., 1997). Bajo nuestras condiciones es posible lograr a nivel de chacra niveles de producción de biomasa entre 10 y 12 t.ha⁻¹. Ello ha permitido concretar, bajo determinadas situaciones de año y manejo, más de 5000 kg de grano. ha⁻¹. Estos niveles productivos eran inalcanzables para la cebada en Uruguay hace una década.

En general tanto en cebada como en trigo el número de granos por superficie es el componente que explica el nivel de rendimiento alcanzado por un cultivo. En la medida que se incrementa el potencial (máximo rendimiento esperado en un ambiente particular), el peso de grano adquiere mayor importancia relativa dado que es el componente responsable de concretar dicho potencial y por lo tanto deja de ser considerado un componente residual. Cuando se eleva el número de granos.m² (por encima de los 11 a 12.000 granos.m² en cebada cervecera) la relación con el peso de grano es fuertemente negativa (Evans, 1993; Fischer et al. 1977; Abbate et al. 1997; Hoffman et al., 1999), determinando pérdidas de potencial a tasas crecientes.

Resultados preliminares obtenidos en cebada cervecera a nivel de chacra (cosechadas con cosechadora del productor), muestran en los sitios de elevado potencial (> a 12.000 granos.m²) una reducción importante del rendimiento (20 a 40% del potencial precosecha) asociada a caídas en el peso de grano y simultánea reducción en el número de granos cosechados (de 15.000 granos.m² el día previo a cosecha, el 32 % de ellos no ingresaron a la tolva de la cosechadora) (Hoffman, 2001).

El aumento en el número de granos a llenar, además de explicar la disminución en el peso medio puede introducir cambios en la distribución de los estratos de peso, en la medida que el incremento en el número de granos se produce en parte por el aumento en la frecuencia de granos distales (no centrales) (Kemanian et al., 1999). Estos granos de menor peso medio (Calderini et al., 1998; Viega et al., 2000), podrían ser los que integran en mayor proporción el conjunto de

granos segregados por el sistema de prelimpieza de las cosechadoras. Ello nos conduce a una doble limitante en la concreción final: (i) el efecto directo dado por el menor peso de grano y (ii) el indirecto dado por la reducción en el número de granos cosechados.

DETERMINANTES DEL PESO DE GRANO.

Varios factores pueden incidir en la determinación del peso final de grano a través de la modificación del suministro de fotoasimilados y/o de la capacidad de importación desde las fosas (granos). Es así que numerosos trabajos de investigación se conducen en ambos sentidos, parte apuntando a elucidar si es la fuente (capacidad de producción de fotosintatos) la que limita el aporte hacia el grano o es el tamaño inicial de la fosa (capacidad de atraer y acumular fotosintatos) lo que limita su propio crecimiento (Slafer et al., 1994).

El suministro de fotoasimilados hacia el grano depende de la capacidad fotosintética (área foliar verde y actividad por unidad de superficie), la partición de los asimilados hacia el grano y la retranslocación de carbohidratos de reserva en tallos y hojas. Bajo diversas situaciones ambientales, distintos experimentos han demostrado que la limitación al crecimiento de los granos por parte de la fuente de carbohidratos es poco frecuente (Slafer y Savin, 1994; Kemanian et al., 1999). En ambientes no restrictivos, donde la fuente no es limitante, no se logra capitalizar la disponibilidad de fotoasimilados en granos de mayor tamaño (Kemanian et al., 1994; Viega et al., 2000).

En condiciones de déficit hídrico durante el llenado de grano, la inhibición de la fotosíntesis puede ser parcialmente suplantada por la removilización de fotoasimilados desde las reservas de tallos y hojas, permitiendo que la reducción en el rendimiento sea menor a la disminución en fotosíntesis (Kemanian et al., 1996).

La partición hacia las espigas depende de la capacidad de fosa, lo que se asocia al tamaño de espiga (número de granos por espiga) y a la fuerza de fosa de cada grano dentro de la espiga. Esta última se vincula con la ubicación del grano dentro de la espiga y a los eventos que suceden en pre-antesis (tamaño de carpelos), y en pos-antesis (número y tamaño de las células del endosperma). En otras palabras el tamaño potencial de cada grano se define tempranamente en la fase de llenado y puede involucrar eventos que ocurren preantesis.

En pre-antesis, y en condiciones de bajas precipitaciones, Scott et al. (1983) demostraron que el peso de grano de cebada de seis hileras se relaciona al tamaño del carpelo, detectando que los granos laterales (menor tamaño de carpelo) reducen en un 25% la tasa de crecimiento comparado con los granos centrales. Por su parte, Miralles y Slafer (1995), atribuyeron la reducción del tamaño del grano de trigo a una reducción en el número total de células del pericarpio en trabajos donde se modificó la relación fuente - fosa.

El peso de grano se puede expresar como el producto entre la duración de la fase de llenado (tiempo entre antesis y madurez fisiológica) y la tasa promedio de crecimiento del grano. Sin embargo matemáticamente el crecimiento acumulado es representado por una función logística que define una primer etapa de incrementos crecientes hasta llegar a la máxima tasa y una de incrementos decrecientes. El tiempo que se demora en llegar a la tasa máxima o momento de tasa máxima (MTM), ha sido reportado como determinante del peso de grano. En segundo lugar la duración y en menor grado el valor de la tasa máxima de crecimiento (Kemanian y Viega, 1998).

Estos resultados implican que los granos más pesados son aquellos que logran alcanzar la tasa máxima de crecimiento tardíamente y con una duración mayor del período de crecimiento. Variedades con mayor tamaño potencial de grano y ambientes capaces de expresar dicho potencial presentarían un mayor tamaño de carpelos y mayor duración de la fase de división y expansión celular posibilitando un mayor número de células endospermicas o sitios de acumulación de almidón.

Déficit hídrico y temperaturas elevadas son los factores del ambiente que más comúnmente limitan la concreción del rendimiento potencial, principalmente cuando el estrés hídrico ocurre durante momentos cercanos a antesis y llenado de grano (Wegand y Cuellar, 1981; Foderé y Otero, 1996; Calderini et al., 1998). Las variaciones en duración están asociadas a las variaciones en temperatura de llenado (Vóltas et al., 1998).

Mayores temperaturas acortan la fase de crecimiento de grano por lo que atrasos en la época de siembra sobretodo en la zona al norte del río Negro, ubican la fase de llenado en meses del año donde las temperaturas promedio se incrementan. Ello resulta en una reducción del tamaño potencial del grano limitando la capacidad de fosa de cada grano. Si bien no se debe descartar una reducción de la cantidad de fotoasimilados que se producen, la menor demanda modifica la partición hacia los granos.

El crecimiento de los granos dentro de una espiga de cebada difiere según la ubicación. Los granos de la porción central se desarrollan antes y se establecen como fosas principales dentro de la espiga resultando en un mayor tamaño. La curva de crecimiento de estos granos muestra una tasa homogénea durante la fase lineal de crecimiento, lo que sugiere que no existen limitantes de suministro de fotosintatos.

En cambio los granos distales tanto apicales como basales, presentan una curva desfasada en el tiempo, a tasas menores y muy variables, lo que sugiere que dichos granos crecen con los fotoasimilados residuales y por tanto son los mas dependientes del ambiente (temperatura, disponibilidad de agua, enfermedades, etc.) (Kemanian y Viega, 1998).

En ambientes de alto potencial y/o en variedades de mayor tamaño de espiga, la frecuencia de granos que componen la zona distal de la espiga se incrementan, lo que dificulta la concreción de altos pesos y tamaño de grano.

3. RELEVAMIENTO DE CHACRAS ZAFRA 2003

El relevamiento fue diseñado para identificar las posibles causas involucradas en la pérdida de potencial final de rendimiento, en el actual ambiente de producción de cebada del Uruguay. Se buscó cuantificar a nivel de chacra y para un amplio rango de situaciones de potencial de producción, las pérdidas reales de peso de grano y analizar el efecto provocado por la segregación de los granos generada por el proceso de limpieza y prelimpieza de las cosechadoras. Igualmente se intentó identificar su posible relación con quebrado de caña y sanidad.

Se seleccionaron 40 chacras comerciales distribuidas a lo largo del litoral agrícola en zonas contrastantes (norte, centro y sur). A dichos efectos se consideró zona norte: al norte de Nuevo Berlín; zona centro: entre Nuevo Berlín y el norte de Dolores y zona sur: desde el norte de Dolores hasta Colonia. En cada zona se seleccionó un rango de chacras de mediano a elevado potencial de rendimiento a Z 4.7. Del total de chacras seleccionadas se logró cosechar y efectuar el total de las determinaciones en 25 de ellas (63%).

En cada una se generaron dos tratamientos uno con aplicación de funguicidas entre Z 4.7 y Z 5.5. (si la chacra no era tratada) y otro sin fungicida (si existía la recomendación de aplicación por parte del técnico responsable). En ambos casos la superficie fue de 2 ha..

Para todas las chacras se recabó información de tipo de suelo y edad de chacra, manejo (fecha de siembra, cultivar, manejo de fertilización) y evolución sanitaria.

Las determinaciones realizadas fueron: espigas.m², granos.espiga⁻¹ (se descartaron los granos chuzos), peso de grano precosecha (inmediatamente previo a la cosecha), rendimiento y componentes del grano cosechado. Como forma de estimar la proporción del grano más liviano precosecha, sujeto de ser eliminado por el sistema de prelimpieza por viento de las cosechadoras, se estimó para una muestra de 100 g la proporción de fracción liviana mediante el soplado de la muestra durante 5 minutos y posterior separación de la fracción depositada al tope de la columna de viento. Para cada sitio y tratamiento, se realizaron lecturas de vuelco y quebrado de caña.

Caracterización climática

El año 2003 puede encuadrarse dentro de los años considerados con condiciones favorables para cultivos de invierno: bajas temperaturas y precipitaciones en los meses de julio y agosto (período de definición de potencial) y un setiembre fresco y sin limitantes hídricas (encañado-primer fase de concreción de potencial). La etapa de llenado de grano (concreción final del potencial), estuvo sometida a un régimen de precipitaciones por debajo de lo normal, especialmente en la zona norte (Cuadro 1).

Cuadro 1. Temperatura (°C) y precipitaciones (mm) durante el período experimental (Junio a Noviembre de 2003) en contraste al valor medio de la serie histórica para Paysandú (1938-1998) y Colonia (1970-2000).

NORTE Paysandú	Temperatura media (°C)			Precipitaciones (mm)		
	Media 2003	Serie Histórica	Diferencia	Media 2003	Serie Histórica	Diferencia
Junio	13,3	12,4	+0.9	228	79	+149
Julio	10,9	12,1	-1.2	34	60	-26
Agosto	11,1	14,0	-2.9	31	67	-36
Setiembre	14,5	15,8	-1.3	145	86	+59
Octubre	18,6	18,4	+0.2	81	118	-37
Noviembre	19,6	20,2	-0.6	47	103	-56

SUR Colonia	Temperatura media (°C)			Precipitaciones (mm)		
	Media 2003	Serie Histórica	Diferencia	Media 2003	Serie Histórica	Diferencia
Junio	12,4	11,4	+1.0	29	74	-45
Julio	10,5	10,4	+0.1	39	70	-31
Agosto	10,8	12,1	-1.3	67	77	-10
Setiembre	13,7	14,6	-0.9	175	86	+89
Octubre	17,4	17,0	+0.7	52	111	-59
Noviembre	18,4	18,9	-0.5	123	119	+4

Relación entre el rendimiento estimado y cosechado.

En la figura 1 se presenta la relación entre el rendimiento estimado precosecha y el obtenido por la cosechadora. Se aprecia que hasta los 3500 kg.ha¹, aproximadamente, los rendimientos obtenidos coinciden con los estimados en precosecha. Por encima de los 4000 y hasta los 6000 kg.ha¹, el máximo rendimiento efectivamente cosechado se mantiene constante y cercano a los 4000 kg.ha¹. Coincidiendo con lo reportado anteriormente (Hoffman, 2001), la proporción del potencial cosechado disminuye cuanto mayor es el potencial en precosecha.

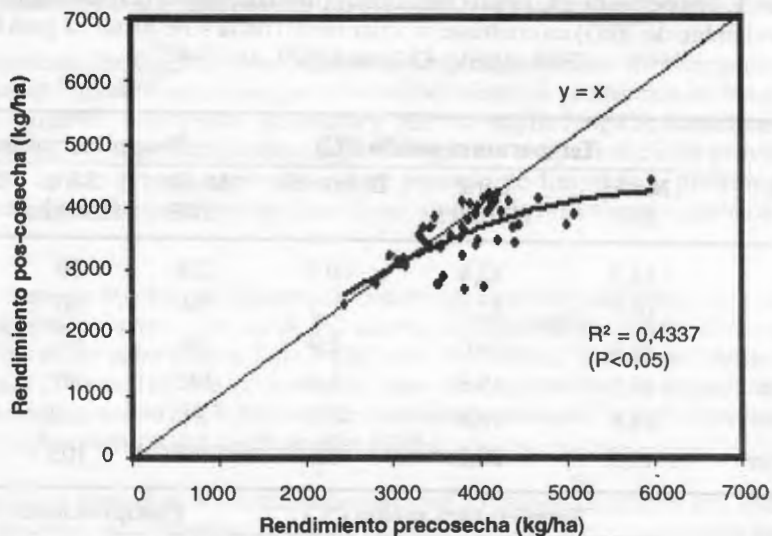


Figura 1. Relación entre el rendimiento en grano estimado precosecha y el obtenido por la cosechadora del productor.

El antecedente previo a nivel nacional (relevamiento zafra 2000; Hoffman, 2001) realizado con cosechadora mecánica, en cebada cervicera, coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo. En la zafra 2000, el rendimiento efectivamente cosechado se ajustó al estimado en precosecha en el rango de 2500 a 4000 kg.ha⁻¹. Por encima (hasta 6000 kg.ha⁻¹), el rendimiento logrado no guardó relación con el estimado previo a la cosecha y se mantuvo en un máximo constante de 4000 kg.ha⁻¹.

Relación entre el número de granos estimado y cosechado

Las diferencias entre los rendimientos estimados y cosechados pueden ser explicadas por los componentes del rendimiento. La figura 2, muestra como se relacionaron los valores del número de granos por unidad de superficie estimados y cosechados. En el rango de valores estimados entre los 7000 y 10000 granos.m², la proporción de granos cosechados se ubica en torno al 90%. Mientras que dicha proporción disminuye al 65% cuando la estimación precosecha se ubicó entorno a los 16000-17000 granos.m².

Al igual que en el año 2000 (Hoffman, 2001) el rendimiento no concretado estuvo explicado principalmente por el número de granos no cosechados por unidad de superficie. En la medida que el número de granos a cosechar fue mayor, el número de granos efectivamente cosechados por encima de los 10000 granos.m² se redujo proporcionalmente.

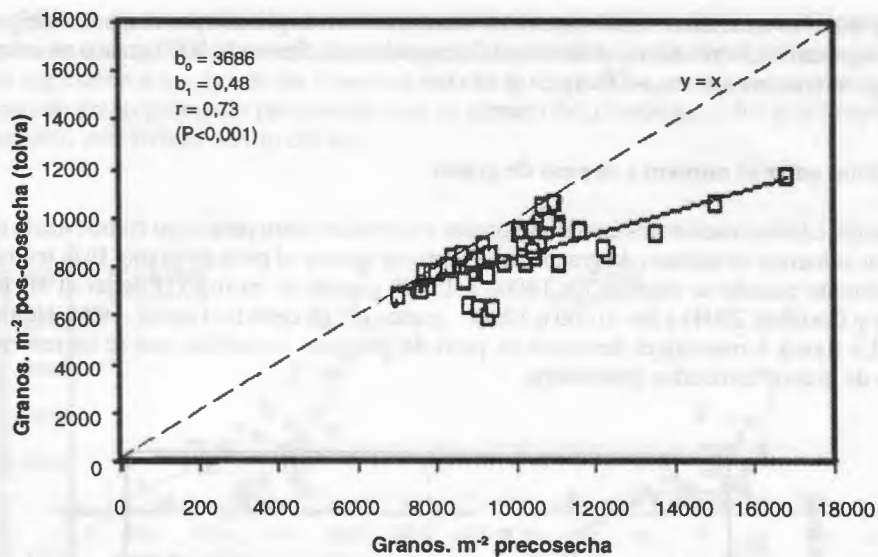


Figura 2.- Granos cosechados en función del número de granos a cosechar estimados inmediatamente previo a la cosecha.

En la figura 3, se puede observar la relación entre el rendimiento no concretado y los granos no cosechados.

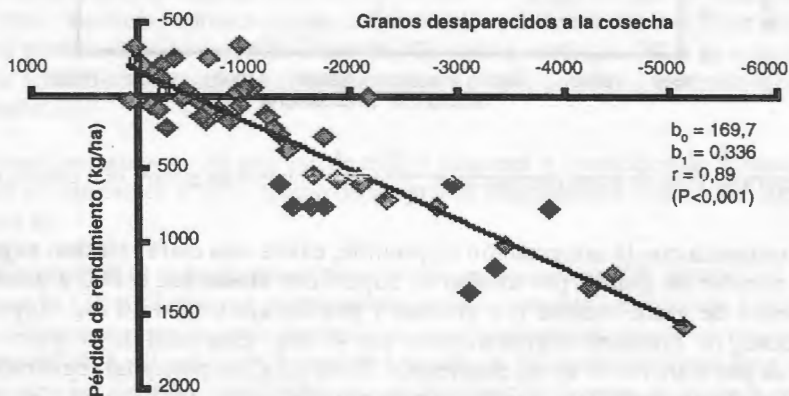


Figura 3.- Relación entre la reducción del número de granos cosechados y el rendimiento no concretado.

El 78 % de la variación en rendimiento no cosechado, esta explicado por el número de granos que no ingresaron efectivamente a la tolva de la cosechadora. Por cada 1000 granos no cosechados, se perdieron en este caso 336 kg de grano.ha¹.

Relación entre el número y el peso de grano

Los antecedentes nacionales e internacionales evidencian tanto para trigo como para la cebada que al aumentar el número de granos.m² a llenar se reduce el peso de grano. Esta tendencia es consistente cuando se superan los 14000 a 15000 granos.m² en trigo (Fischer et al. 1977; Ferraris y Couretot 2004) y los 11000 a 12000 granos.m² en cebada (García, 1994; Hoffman, 2001). La figura 4 muestra el descenso en peso de grano en la medida que se incrementa el número de granos estimados precosecha.

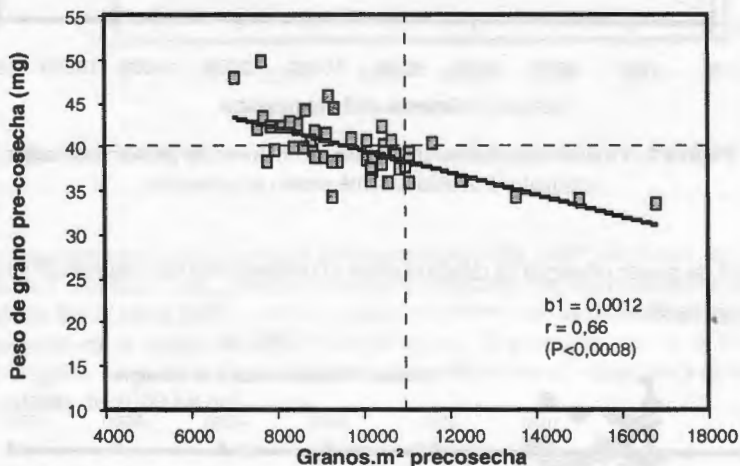


Figura 4.- Peso de grano precosecha en relación al número de granos. m² a cosechar

En concordancia con la información disponible, existe una clara relación negativa entre peso y número de granos por unidad de superficie. Hasta los 11.000 granos.m², el peso promedio de grano fluctúa por encima y por debajo de los 40 mg. Superado ese valor los pesos de grano no logran superar los 40 mg. Esta pérdida de peso de grano constituye de por sí un factor de no concreción. En el máximo potencial registrado (17000 granos.m²) el efecto directo de la reducción de peso de grano significó un 17% de potencial no concretado.

Sin embargo como fuese anteriormente analizado, además del efecto peso de grano, la mayor parte de la variación de potencial no concretado estuvo explicada por el número de granos que no ingresaron a la tolva de las cosechadoras. En la figura 5, se presentan las relaciones entre el peso de grano promedio precosecha con el número de granos perdidos y la proporción de la fracción más liviana dentro del lote.

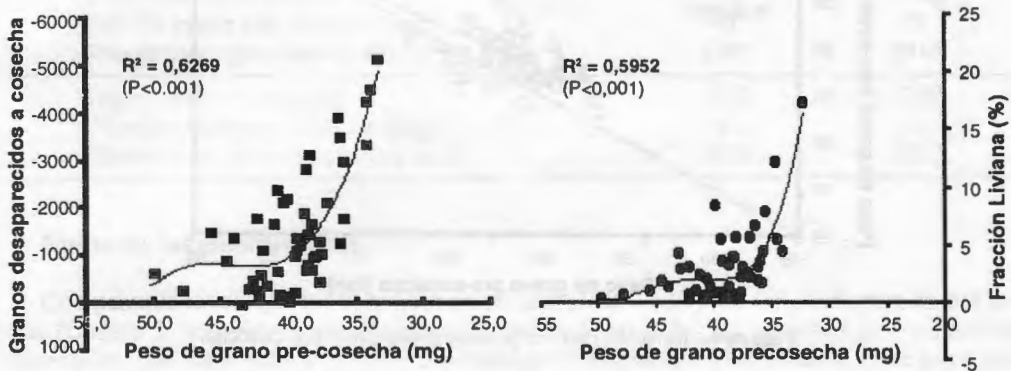


Figura 5.- Relaciones entre el peso de grano promedio precosecha con el número de granos no cosechados (a) y la proporción de la fracción más liviana dentro del lote (b), (peso medio de la fracción liviana 21 mg (rango 12 - 30 mg)).

Además de los efectos directos, la reducción del peso de grano indirectamente es responsable del resto de la pérdida de potencial no concretado. En la medida que se reduce el peso medio de los granos, aumenta la proporción de la fracción liviana dentro del lote y por tanto el número de granos perdidos que no ingresan a la tolva. En consecuencia las fallas en concreción de potencial de rendimiento serían una consecuencia del propio potencial generado en cada condición de producción.

Como consecuencia del proceso de trilla y limpieza y considerando lo visto anteriormente existió un cambio en el peso medio de los granos determinados antes y después de la cosecha (Figura 6).

En promedio el peso de grano poscosecha resultó ser un 8% superior al determinado en precosecha (39 y 42 mg pre y poscosecha, respectivamente). Existe una leve tendencia a que estas diferencias sean un poco mayores cuando el peso de los granos es menor sin embargo el proceso de trilla y limpieza no levanta la limitante de bajo peso de grano. Esto indicaría que las fracciones más pesadas cosechadas cuando el potencial definido es elevado pesan menos que las fracciones más pesadas cuando el número de granos a cosechar es más bajo. En definitiva el

efecto reducción de peso de grano al elevarse el potencial de granos a llenar no solo afecta al peso sino que también a la proporción de las fracciones más livianas.

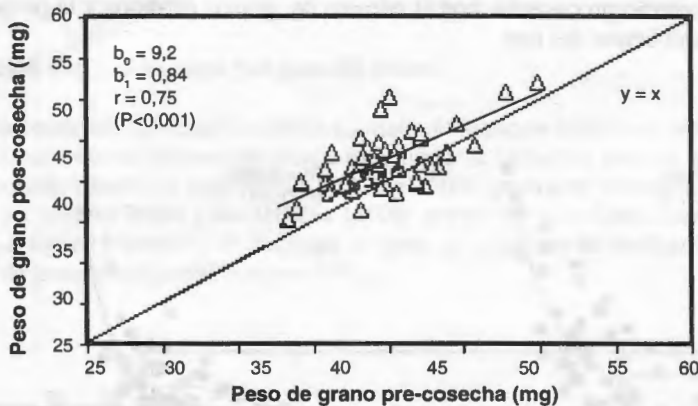


Figura 6.- Relación entre el peso de grano pre y pos cosecha.

De acuerdo a los antecedentes, el aumento del potencial de rendimiento incrementa el número de granos por espiga, particularmente en siembras tempranas, acrecentando la posibilidad de granos más livianos al menos en aquellas variedades más sensibles o de relaciones fuente-fosa más ajustadas (Kemanian y Viega, 1998; Viega et al, 2000). Sin embargo, en el presente trabajo no se encontraron asociaciones consistentes entre el tamaño de espiga y el peso de grano. El incremento en el número de granos.m², no solo fue el resultado del aumento en el tamaño de espiga sino fundamentalmente del incremento en el número de espigas.m². El mayor número de espigas por unidad de superficie como principal componente, limitó la posibilidad de concretar espigas grandes en los ambientes de mayor potencial. Para el rango de variación obtenido (350 a 700 espigas.m²), cada 100 espigas de incremento el número de granos por espiga se redujo en 3.3 granos ($r = -0.72$).

Efecto del ambiente

En el cuadro 2, se puede observar las variaciones encontradas en los componentes del rendimiento antes y después de la cosecha, entre regiones contrastantes.

En promedio, puede observarse que a pesar de que las condiciones climáticas difieren entre regiones, no existen diferencias en las pérdidas de potencial entre sur y norte. Se observa una diferencia a favor del sur en definir un potencial de rendimiento algo mayor en pre cosecha y que luego se traslada al rendimiento cosechado fruto de un mayor número de granos.

Cuadro 2.- Rendimiento y componentes pre y pos cosecha, promedio, para las zonas Sur y Norte del País.

	Norte	Sur
Fecha siembra promedio (días pos ¹ de junio)	35	44
Granos.m ² pre-cosecha	9407	10260
Peso de grano pre-cosecha (mg)	41	38
Rendimiento pre-cosecha (kg.ha ⁻¹)	3797	3914
Granos.m ² pos-cosecha	8051	8739
Peso de grano pos-cosecha (mg)	43	41
Rendimiento pos-cosecha (kg.ha ⁻¹)	3474	3597

Efecto de las enfermedades

Comparando los resultados obtenidos entre tratamientos con y sin fungicida para ambas zonas (Cuadro 3) se observa una respuesta al uso de fungicidas, en términos de rendimiento cosechado, que varió entre el 7 y 9%. Sin embargo la magnitud de las pérdidas entre pre y pos cosecha fueron independientes del tratamiento.

Cuadro 3.- Potencial precosecha, rendimiento cosechado y componentes para el sur y norte del país, en función de los tratamientos con y sin fungicidas a inicio de llenado de grano.

	Norte		Sur	
	C/fung.	S/fung.	C/fung.	S/fung.
Fecha siembra promedio (días pos-1 de junio)	35		44	
Granos.m ² pre-cosecha	9789a *	9025b	10613a	9907b
Peso grano pre-cosecha (mg)	41.2a	39.8b	39.1a	37.7b
Rendimiento pre-cosecha (kg.ha ⁻¹)	4013a	3582b	4113a	3715b
Granos.m ² pos-cosecha	8212a	7889b	8958a	8520b
Peso grano pos-cosecha (mg)	44.1a	42.5b	42.1a	40.6b
Rendimiento pos-cosecha (kg.ha ⁻¹)	3607a	3344b	3753a	3441b

*.- Letras diferentes en la misma fila para la zona norte y sur indican diferencias significativas (P < 0.05)

En la figura 7, se muestra la respuesta individual al funguicida para el total de las unidades relevadas. El rango de respuesta varió entre 0 y 900 kg.ha⁻¹ sin que exista una clara asociación con la variedad utilizada.

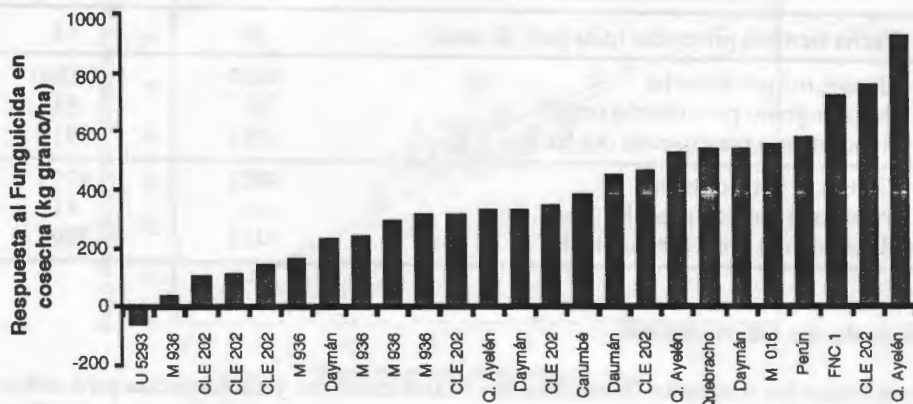


Figura 7.- Respuesta al funguicida en rendimiento cosechado para el total de las chacras muestreadas. (Identificadas por la variedad usada)

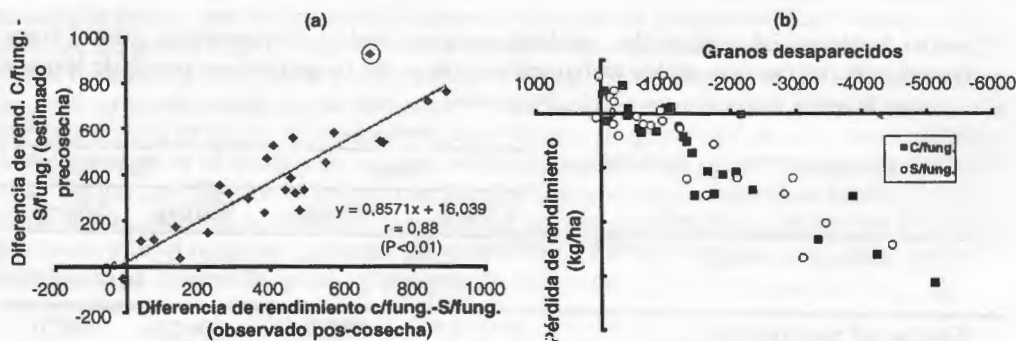


Figura 8.- Relación entre la respuesta al funguicida (kg.ha⁻¹) a cosecha y la estimada en precosecha (a) y entre las pérdidas de rendimiento y número de granos con y sin funguicida (b).

La respuesta estimada y concretada pos cosecha guardó una relación lineal (Figura 8.a), lo que significa que las pérdidas son independientes de la situación sanitaria del cultivo. Se observa, que las pérdidas de potencial derivadas de los granos no cosechados, no están relacionadas con fallas en concreción de peso de grano asociado a problemas sanitarios no controlados (Figura 8.b). Esto no contradice la información nacional de respuesta al control químico, en

cuanto a que parte importante de la respuesta obedece a cambios sustantivos de peso de grano (García, 1994), sino que para las condiciones de este trabajo, la respuesta estuvo asociada solamente a cambios en el número de granos.m² (Cuadro 3).

En la figura 9 se presenta la respuesta al control químico en función del nivel de severidad de la enfermedad predominante detectada por los distintos técnicos a campo entre Z 4.7 y Z 5.5.

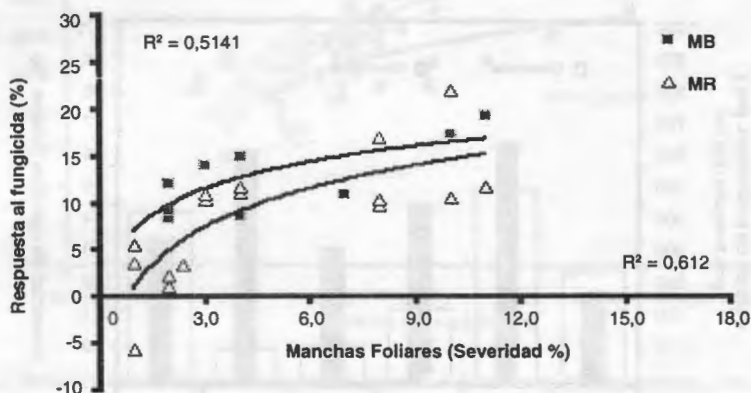


Figura 9.- Respuesta relativa en rendimiento en grano, al uso de fungicidas en función de la severidad entre Z 4.7 y Z 5.5 a mancha en red (MR) y mancha Borrosa (MB) (severidad determinada en área foliar verde).

Más allá de la diferencias de criterios y/o desajuste en la estimación de la severidad, parte importante de la respuesta al fungicida para las distintas chacras está asociada a nivel de severidad. Existió una tendencia de mayor respuesta relativa al control, cuando la enfermedad predominante fue mancha borrosa, especialmente a bajos niveles de severidad. Esta información es aparentemente coincidente con los últimos resultados obtenidos para cebada cervecera a nivel nacional (Pereira 2004 s/p, Hoffman, Peverelli y Vignolo 2004 s/p).

Efecto del quebrado de tallos

Entre los objetivos planteados se consideró relevante, dadas las características del trabajo, generar información preliminar acerca de la relación entre las pérdidas de cosecha, quebrado de caña y su posible relación con problemas sanitarios. No se encontró relación alguna entre los distintos niveles de severidad detectados y quebrado de caña ($R^2 = 0.03$), ni tampoco entre quebrado y pérdidas de cosecha ($R^2 = 0.023$) (Figura 10).

Las fallas en concreción final de potencial (diferencia entre el rendimiento pre y poscosecha), están directamente influenciadas por el propio potencial y explicadas indirectamente a través de la pérdida de peso de grano. Si bien existieron para algunas situaciones de chacra diferencias importantes en respuesta al control químico de manchas foliares, para este año éstas no estuvieron asociadas directamente ni indirectamente a través del quebrado de caña con las fallas en la concreción de potencial.

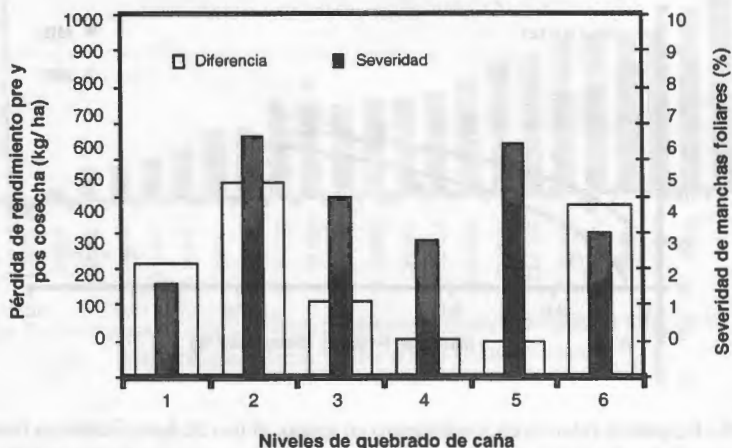


Figura 10.- Pérdida de potencial entre pre y poscosecha y severidad promedio a manchas foliares en función del nivel de quebrado de caña estimada en precosecha. (0= sin quebrado, 1 = 20 % quebrado, 2 = 40% quebrado, 3 = 60% quebrado, 4 = 80% quebrado y 5 = 100 % quebrado).

Últimas consideraciones

A modo de resumen se presenta en la figura 11, la pérdida de potencial a cosecha y sus dos principales componentes (pérdida de peso de grano y efecto indirecto por desaparición de granos).

Podemos ver que el potencial teórico en función del número de granos concretados, alcanzó máximos del orden de los 6500 kg.ha¹, sin embargo la disminución del peso de grano a partir de los 11.000 granos.m², genera el primer escalón de pérdida de potencial, estimado en 900 kg.ha¹. El segundo escalón de no concreción (máximo estimado de 1500 kg.ha¹), se generó por los granos no cosechados. En resumen entre el potencial teórico en precosecha y el rendimiento logrado, existen 2400 kg. de grano.ha¹ no concretados, de los cuales el 38 % se debe al efecto directo del peso de grano y el restante 62 % a su efecto indirecto a través de los granos desaparecidos .

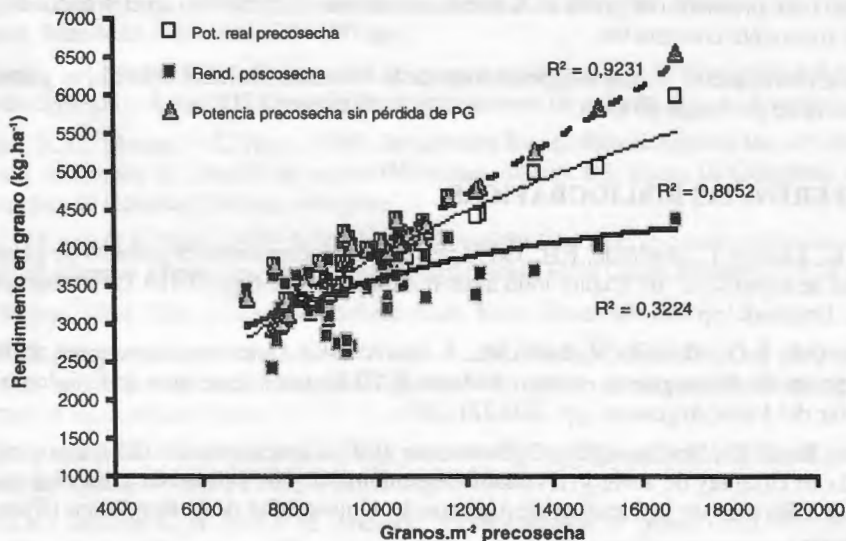


Figura 11.- Relación entre el número de granos por unidad de superficie precosecha, con rendimiento potencial teórico (potencial estimado en precosecha considerando que por encima de los 1.000 granos.m² el peso de grano se mantiene constante en 40 mg), potencial real y rendimiento logrado en poscosecha.

En consecuencia, se establece la necesidad de discutir la forma de obtener mayores rendimientos en condiciones de alto potencial. Cultivos sembrados tempranamente y con una población de plantas adecuada, en años favorables, generan un mayor número de espigas. Ello va acompañado de una reducción en el tamaño de espiga y posiblemente una modificación de la capacidad de fuente en cada tallo. Concomitantemente se requiere de un mayor período de llenado de grano para poder mantener el peso de los mismos. Sin embargo ello no siempre es posible y se establece una fuerte dependencia de las condiciones del año durante el crecimiento del grano.

4. CONCLUSIONES

Para las condiciones de la zafra 2003, en que se efectuó el relevamiento, y en función de la información aquí presentada y discutida se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las mayores pérdidas de rendimiento estimado precosecha sugen del menor número de granos cosechados.
- Cultivos que logran concretar alto número de granos por unidad de superficie (más de 11000 granos. m²) reducen el peso promedio de los mismos por debajo de 40 mg.

- El bajo peso promedio de grano es determinante de una disminución en el número de granos efectivamente cosechados.
- Estas circunstancias fueron independientes de la situación sanitaria del cultivo y de la ocurrencia de quebrado de caña.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abate, P.E., Lázaro, L., Andrade, F.H. 1997. ¿Es posible incrementar el número de granos por unidad de superficie? In: Explorando altos rendimientos de trigo. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. pp. 71-89
- Calderini, D.F., L.G., Abeledo, R. Savin y G.A. Slafer. 1998. Determinación en pre-antesis del peso potencial de los granos en trigo. In Actas XXII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Argentina. pp. 220-221.
- Castro, A., Ernst, O., Hoffman, E. y O. Bentancur 1997. Caracterización del germoplasma de cebada en Uruguay de acuerdo a variables agronómicas y de calidad de grano. *Agrociencia* 1: 80-87. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay.
- Evans L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press.
- Fischer, R.A.; Aguilar, I. And Laing, D.R. 1977. Post-anthesis sink size in a high-yielding dwarf wheat: yield responses to grain number *Australian Journal of Agricultural Research*. 28, 165-75-
- Ferraris, G. y Couretot, L. 2004. Estudio de la interacción entre variedades y prácticas de manejo de enfermedades en trigo, campaña 2002-03. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur. IMPOFOS*. N° 22, pp 8-11.
- Foderé, J.L. y Otero, J.P. 1996. Efecto del déficit hídrico sobre el número y tamaño del grano en dos variedades de cebada cervecera. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 40p.
- García, A. 1994. Manejo intensivo de cebada cervecera: potencial de rendimiento. In: V Reunión Nacional de Investigadores de Cebada. Colonia, Uruguay Pp 164-169.
- Hoffman, E, Ernst, O, Perdomo, C. 1999. Red Nacional de N en cebada cervecera. Informe. Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera.
- Hoffman, E. 2001. Manejo del cultivo de Cebada cervecera para la mejora de los rendimiento y calidad de malta. *Cympay Sa-Facultad de Agronomía*. In Informe BID-MGAP- S.A.
- Kermanian A., Ernst, O., E. Hoffman y J. Burgueño. 1994. Caracterización preliminar del crecimiento de grano de cuatro genotipos de cebada cervecera. In Actas V Reunión Nacional de Investigadores en cebada cervecera, pp. 77-86.
- Kermanian, A., L. Viega L., G. Meroni y J. Burgueño. 1996. Crecimiento de grano de tres cultivares

- de cebada cervecera en diferentes ambientes. Actas XXI Reunión Argentina de Fisiología vegetal. Mendoza. Argentina. 206-207 pp
- Kemanian, A. y L.Viega. 1998. Concreción del peso y concentración de nitrógeno del grano de cebada cervecera. Actas VII Reunión de investigadores de cebada. Minas. Uruguay
- Kemanian, A, G. Meroni. y L.Viega. 1999. Relaciones fuente-fosa durante el llenado de grano en seis cultivares de cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.). Actas III Congreso Latinoamericano de Cebada. Colonia, Uruguay.
- Miralles, D.J. and G.A. Slafer 1995. Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations. *Field Crops Research*, 43:55-66.
- Ralph, Wayne. 1984. The conservative wheat plant. *Rural Research* 124: 9-12.
- Scott, W. R., Appleyard, M., Fellowes, G. and E.J.M. Kirby. 1983. Effect of genotype and position in the ear on carpel and grain growth and mature grain weight of spring barley *Journal of Agricultural Science*. 100:383-391.
- Slafer, G.A. and R. Savin. 1994. Source-Sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Res.*, 37:39-49.
- Slafer, G.A.; Satorre, E. H. and F. H. Andrade. 1994. Increase in Grain Yield inbred Wheat from Breeding and Associated Physiological Changes. In *Genetic Improvement of Field Crops*. Dekker Inc., USA. 470p.
- Viega, L.; Kemanian, A. Gonzalez, S.; Meroni G y N. Olivo. 2000. Determinación del número de granos por espiga en cebada cervecera. Actas XXIII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Río Cuarto, Argentina. pp 78-79.
- Wiegand, C.L. and J.A. Cuellar. 1981. Duration of Grain Filling and Weight of Wheat as Affected by Temperature. *Crop Sci*. 21: 95-101.
- Voltas, J.; Romagosa I. and J.L. Araus. 1998. Growth and Final Weight of Central and Lateral Barley Grains under Mediterranean Conditions as Influenced by Sink Strength. *Crop Science*, 38:84-89.

NOTA DE LOS AUTORES

- ✦ Este trabajo fue financiado por la Mesa Nacional de Cebada y fue posible gracias al trabajo de campo realizado por los técnicos de las empresas malteras y sus distribuidores, y técnicos privados: Soledad Bergos, Edwin Borghi, Gastón Cha, José Cristaldo, Carlos Fernández, Eduardo Fernández, Alex Hughes, Enrique Iturralde, Edgardo Nasta, Mario Pauletti, Sergio Pieroni, Oswaldo Poet, Alfredo Sobredo, Leonardo Toscano, Ismael Turban y Rafael Vidal.
- ✦ Especial consideración a la calidad del trabajo realizado por los funcionarios del campo Experimental de la EEMAC, Milton Pandulli y Juan José Acevedo.