



Jornada Técnica de cultivos

Manejo de cultivos de

invierno - zafra 2004

GTI - Agricultura

Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"
FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

12 de agosto de 2004

Proyecto "DIFUSION DE LA EEMAC"
Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio
Universidad de la República
Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"

Ruta 3 km 363- PAYSANDU - Telefax: 598 72 27950/41282 - 598 720 2259

JORNADA TÉCNICA de CULTIVOS

"Manejo de cultivos de invierno- zafra 2004"

GTI- Agricultura

Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"

FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Ruta Gral. Artigas (3) Km 363

Jueves 12 de agosto de 2004

PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Hora 13.30 -Inicio de la Jornada. Actualización de las perspectivas climáticas 2004

Ing. Rafael Terra (IMFIA -Facultad de Ingeniería)

Hora 14.40 – Manejo de Nitrógeno en cultivos de invierno: Fuentes de N alternativas a la Urea *Ing.Agr. Esteban Hoffman*

Hora: 15.20 - Descanso

Hora 15.45 – Posibilidades de predicción y control químico de Fusariosis de espiga. *Ing.Agr. Sebastián Mazzilli*

Hora 16.25 - Concreción de potencial en cultivos de invierno: ¿Cuánto del rendimiento que fabricamos realmente cosechamos?

Ing.Agr. Esteban Hoffman

Hora 17.30 – Finalización de la jornada



E.E.M.A.C.

Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"

Teléfonos:(598 72) 27950-41282 -(598 720) 2259-2250

Ruta 3 Gral. Artigas km 363 – PAYSANDU-URUGUAY

Correo Electrónico: eemac@fagro.edu.uy Página Web: www.fagro.edu.uy/eemac

Concreción del potencial de cebada cervecera en Uruguay. Pérdidas derivadas de la segregación realizada por las cosechadoras a nivel de campo

Esteban HOFFMAN¹, Luis VIEGA², Fernando DUCAMP¹, Sebastián MAZZILLI¹

1. Departamento de Producción Vegetal. Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. Tel. (072)-02240-022250. e-mail: tato@fagro.edu.uy
2. Departamento de Biología Vegetal. Montevideo Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay

Introducción

Las condiciones agroecológicas típicas a las que se ven sometidos los cultivos de invierno en Uruguay (31 a 33 ° de latitud Sur), afectan la definición y concreción del potencial de producción. En particular las condiciones de elevadas temperaturas durante el período de llenado de grano, especialmente en la zona norte del país.

Han sido identificadas pérdidas de potencial posteriores a la cosecha, en relación al potencial estimado el día previo a las mismas. En consecuencia, en el presente trabajo se pretende aportar elementos que permitan identificar la magnitud del problema y tratar de profundizar en algunas de sus causas.

Antecedentes

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 de producción (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 posible gracias al esfuerzo de la investigación nacional canalizado a través de la Mesa Nacional de Cebada lo que en primera instancia permitió diferenciar a la cebada del trigo. El avance conseguido en el conocimiento de las bases fisiológicas de respuesta al manejo en Uruguay permitieron posteriormente generar la tecnología que la distingue en la región. Si bien en general el incremento del potencial en cereales de invierno, resultado del avance genético de los nuevos cultivares, ha sido el producto de un mayor índice de partición del total de biomasa producida (Evans, 1993; Castro et al., 1997), bajo nuestras condiciones de producción los cambios en el ambiente y el manejo antes mencionado, han hecho posible lograr a nivel de chacra niveles de producción de biomasa de entre 10 y 12 t.ha⁻¹. Ello permitió concretar bajo determinadas situaciones de año y manejo, 5000 kg de grano.ha⁻¹, lo que hace una década fueron niveles productivos vedados para la cebada.

Paralelamente se ha incrementado la frecuencia de fallas en la estimación del rendimiento, en particular en situaciones con expectativas de rendimiento elevados. Este incremento en la frecuencia de errores de estimación de rendimiento podría ser considerado como un indicador de mayores problemas de concreción final del potencial a este nivel (Hoffman, 2001).

El avance tecnológico ha permitido obtener cultivos de cebada en los que se logran más de 15.000 granos.m⁻² a nivel de producción. En la medida que se incrementa el potencial, el peso de grano adquiere mayor importancia relativa dado que es el componente responsable de concretar el potencial fijado previamente y por lo tanto deja de ser considerado un componente residual. En la medida que se eleva el número de granos.m⁻² (por encima de los 11 a 12.000 granos.m⁻² en cebada cervecera) la relación es fuertemente negativa con el peso de grano (Evans, 1993; Fischer et al. 1977; Abbate et al. 1997; Hoffman, Ernst y Perdomo, 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.m⁻²) 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 (frente a 15.000 granos.m⁻² inmediatamente antes de la cosecha, el 32 % de estos granos no ingresaron efectivamente 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 podría 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 (Kemanian et. al., 1999). Estos granos de menor peso medio (Viega et al., 2000;

Calderini *et al.*, 1998), podrían ser los que integren en mayor proporción el pool de granos segregados por el sistema de prelimpieza de las cosechadoras. Podríamos estar frente 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 de los granos cosechados.

Determinantes del peso de grano.

El tamaño final de los granos dependerá del suministro de fotoasimilados y de la capacidad de importación de las fosas (granos). Es así que numerosos trabajos de investigación se conducen en ambos sentidos, parte apuntando a elucidar si es la fuente la que limita el aporte de fotoasimilados hacia el grano o es el tamaño inicial de la fosa lo que limita su propio crecimiento (Slafer *et al.*, 1994).

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 condiciones de déficit hídrico, la reducción en el rendimiento de grano es menor que la predicción basada en la inhibición de la fotosíntesis debido a la removilización de fotoasimilados desde las reservas de tallos y hojas (Westgate y Boyer, 1986). En ambientes no restrictivos donde la fuente no fue limitante, no se logró capitalizar la disponibilidad de fotoasimilados en granos de mayor tamaño (Kemanian *et al.*, 1994; Viegas *et al.*, 2000).

La variación en el peso final del grano de cebada está determinada por la duración del período de crecimiento y el momento de tasa máxima (MTM) (Kemanian y Viegas, 1998). Variaciones en los parámetros duración del período de crecimiento y MTM han sido detectadas en ambientes que difieren en la disponibilidad del agua y la temperatura durante la etapa de llenado (Kemanian y Viegas, 1998). Déficit hídrico y temperaturas elevadas son los factores del ambiente que más comúnmente limitan la concreción del rendimiento potencial de cebada, principalmente cuando el estrés hídrico ocurre durante momentos cercanos a antesis y llenado de grano (Wiegand y Cuellar, 1981; Foderé y Otero, 1996; Calderini *et al.*, 1998). Si bien se asume una mayor influencia genotípica al explicar las variaciones en tasa de crecimiento, las variaciones en duración están condicionadas por la temperatura de llenado (Voltas *et al.*, 1998).

La capacidad de fosa resulta de los eventos que suceden en pre-antesis (tamaño de carpelos), y en pos-antesis (número de células del endosperma). 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 *et al.* (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 destino.

Si bien los trabajos realizados por Kemanian y Viegas, (1998) mostraron que la variación en el peso final de grano fue explicada por la duración del período de crecimiento y el MTM, implicando que los granos más pesados son aquellos que logran alcanzar la tasa máxima de crecimiento tardíamente, no es clara la causa biológica de dichos resultados. Una posible explicación se basa en que genotipos con mayor tamaño potencial de grano y ambientes capaces de expresar dicho potencial presenten una mayor duración de la fase de división celular posibilitando un mayor número de células endospermicas. Por lo tanto, el efecto del estrés hídrico o térmico debería asociarse a un acortamiento de la fase de división celular y como consecuencia un menor tamaño potencial de grano. Por otra parte si la condición de estrés ocurre o se establece pre-antesis el acortamiento del período de crecimiento de grano y la aceleración temprana del crecimiento serían producto de un menor potencial alcanzado al momento del desarrollo del ovario.

Objetivos

Identificar las posibles causas involucradas en la pérdida de potencial final de rendimiento, en el actual ambiente de producción de cebada del Uruguay.

Objetivos específicos.

- Cuantificar a nivel de chacra, para un amplio rango de situaciones de potencial de producción, las pérdidas reales de peso de grano.
- En dichas situaciones, analizar el efecto provocado por la segregación de los granos generada por el proceso de limpieza y prelimpieza de las cosechadoras y su posible relación con quebrado de caña y sanidad.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 40 chacras comerciales distribuidas a lo largo del litoral agrícola. Se buscó para zonas contrastantes (norte, centro y sur), disponer de un rango de chacras de mediano a elevado potencial de rendimiento a Z 4.7. En cada una de ellas, se generó un tratamiento de aplicación de funguicidas entre Z 47 y Z 55. Si la chacra lleva fungicidas (existe recomendación por parte del técnico responsable) se dejó un área de 2 ha sin tratamiento y si la chacra no lleva tratamiento, se generó la misma área con fungicidas.

Para todas las chacras fue recabada 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.m⁻², 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 precosecha liviano, sujeto de ser eliminado por el sistema de prelimpieza por viento de las cosechadoras, se calculó 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 fajas de tratamiento con y sin funguicidas, se realizó la determinación de vuelco y quebrado de caña.

Este trabajo fue financiado por la Mesa Nacional de la Cebada y se llevó adelante con los técnicos de los departamentos técnicos de las empresas (MUSA y MOSA) y el de sus distribuidores, involucrando a más de 15 técnicos, que permitieron seleccionar 40 chacras de las cuales se lograron cosechar con cosechadora del productor y completar la información antes mencionada en 25 chacras (63% de las seleccionadas).

Caracterización climática

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

El 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.

Principales resultados obtenidos

El único antecedente nacional con cosecha mecánica que permitió conocer cuanto del rendimiento estimado previo a la cosecha es efectivamente cosechado, fue el realizado durante la zafra del 2000, para cebada cervecera (Hoffman, 2001). En este trabajo el rendimiento efectivamente cosechado se ajustó al estimado en precosecha en el rango de 2500 a 4000 kg.ha⁻¹. Por encima, el rendimiento logrado no guardó relación alguna con el estimado previo a la cosecha y se mantuvo en un máximo constante de 4000 kg.ha⁻¹, frente a una variación en precosecha que osciló entre los 4000 a 6500 kg. de grano.ha⁻¹. En la siguiente figura se presentan los resultados obtenidos para el 2003.

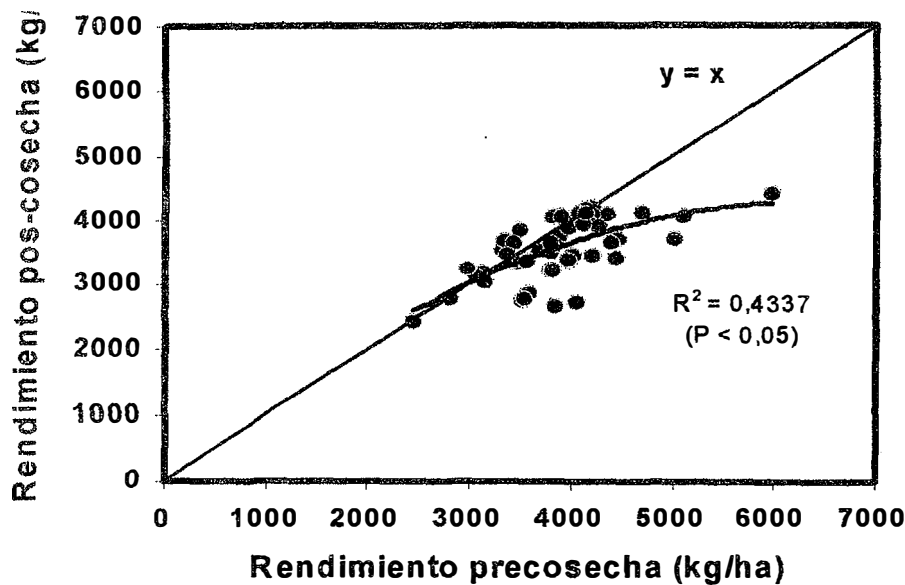


Figura 1.- Relación rendimiento en grano estimado en precosecha y el cosechado con cosechadora de los productores.

Podemos apreciar que hasta los 3500 kg.ha⁻¹, los rendimientos obtenidos en poscosecha coinciden con los estimados en precosecha. Por encima de los 4000 y hasta los 6000 kg.ha⁻¹, el máximo rendimiento cosechado se mantiene constante en 4000 kg.ha⁻¹. Coincidiendo con lo reportado anteriormente, la proporción del potencial cosechado disminuye cuanto mayor es el potencial en precosecha.

En el trabajo de Hoffman, (2001) el rendimiento no concretado estuvo explicado por el número de granos no cosechados por unidad de superficie. En la medida que mayor era el número de granos a cosechar, el número de granos efectivamente cosechados por encima de los 10.000 granos.m⁻² se reducía proporcionalmente. La proporción de granos cosechados varió desde 95 a 61% para 10.000 y 18.000 granos.m⁻² en precosecha, respectivamente. En la figura 2, podemos ver lo ocurrido durante el año 2003.

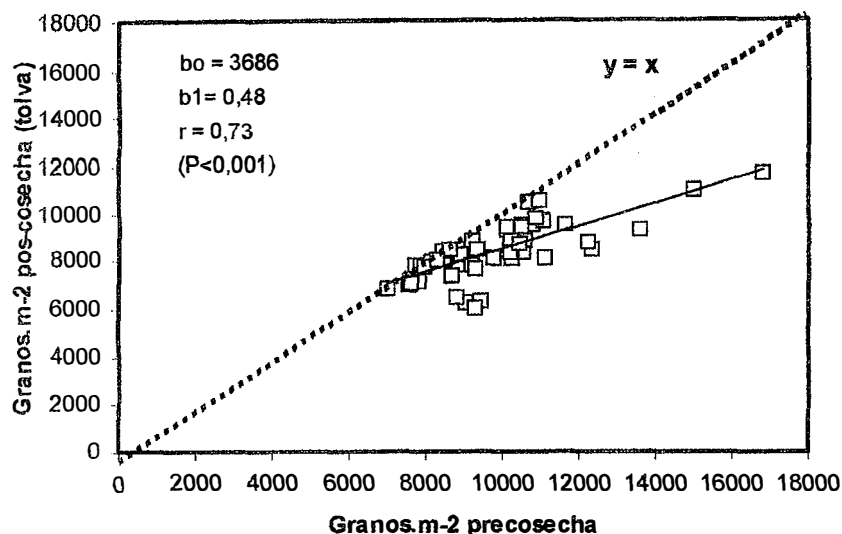


Figura 2.- Granos cosechados en función del número de granos a cosechar, estimados inmediatamente previo a la cosecha.

Mientras que la proporción de granos cosechados se ubica en torno al 90% cuando el número de granos a cosechar varía entre 9000 y 10000 granos.m², se reduce al 65% cuando el potencial en precosecha se ubica entorno a los 16000-17000 granos.m². En la figura 3 se puede observar la relación entre el rendimiento no concretado y los granos no cosechados.

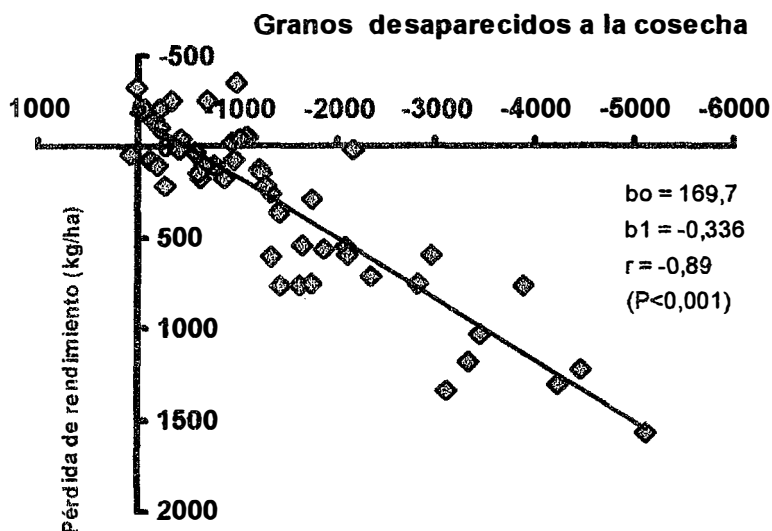


Figura 3.- Relación entre los granos desaparecidos entre pre y pos cosecha en relación al rendimiento no concretado.

El 78 % de la variación en rendimiento no cosechado, esta explicado por el número de granos que no ingresaron a la tolva de la cosechadora. Por cada 1000 granos no cosechados, se perdieron en este caso 336 kg de grano.ha⁻¹

Los objetivos planteados inicialmente para este trabajo fueron profundizar en las causas de las fallas en la concreción del potencial. Los antecedentes nacionales e internacionales evidencian tanto para trigo como para cebada que al aumentar el número de granos. m^{-2} a llenar se reduce el peso de grano. Esta tendencia es consistente cuando se superan los 14 a 15.000 granos. m^{-2} en trigo (Fischer *et al.* 1977, García 2003; Ferraris y Couretot 2004) y cuando se superan los 11 a 12.000 granos. m^{-2} en cebada (Riggs *et al.* 1981; García. 1994; Hoffman. 2001; Hoffman *et al.* 2001; Hoffman, Benítez, Cadenazzi, 2001).

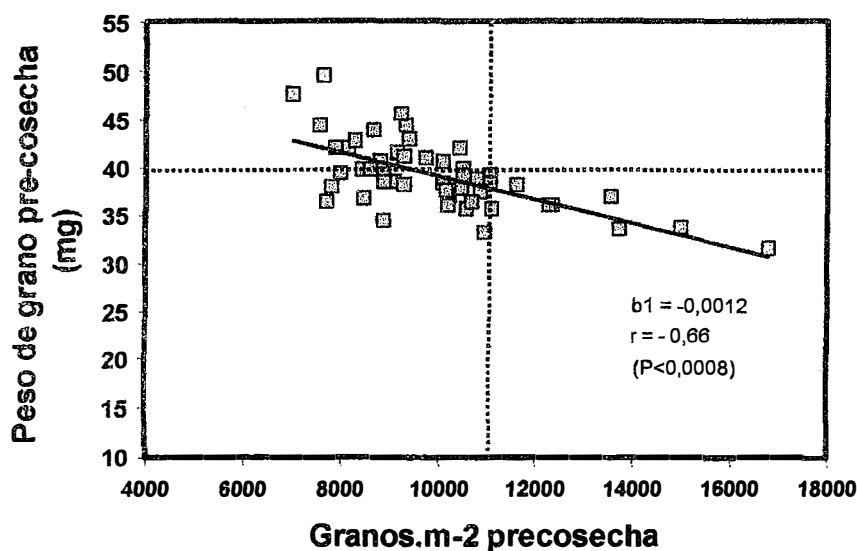


Figura 4.- Peso de grano precosecha en relación al número de granos. m^{-2}

En concordancia con la información disponible, existe una clara relación negativa entre peso y número de granos por unidad de superficie. Por encima de los 11.000 granos. m^{-2} el peso de grano fluctúa por debajo de los 39 a 40 mg. La pérdida de peso de grano medio constituye de por sí un factor de no concreción. En el máximo potencial registrado (17.000 granos. m^{-2}) 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 presenta la relación entre el peso de grano precosecha y la proporción de la fracción más liviana dentro del lote y los granos desaparecidos entre pre y pos cosecha.

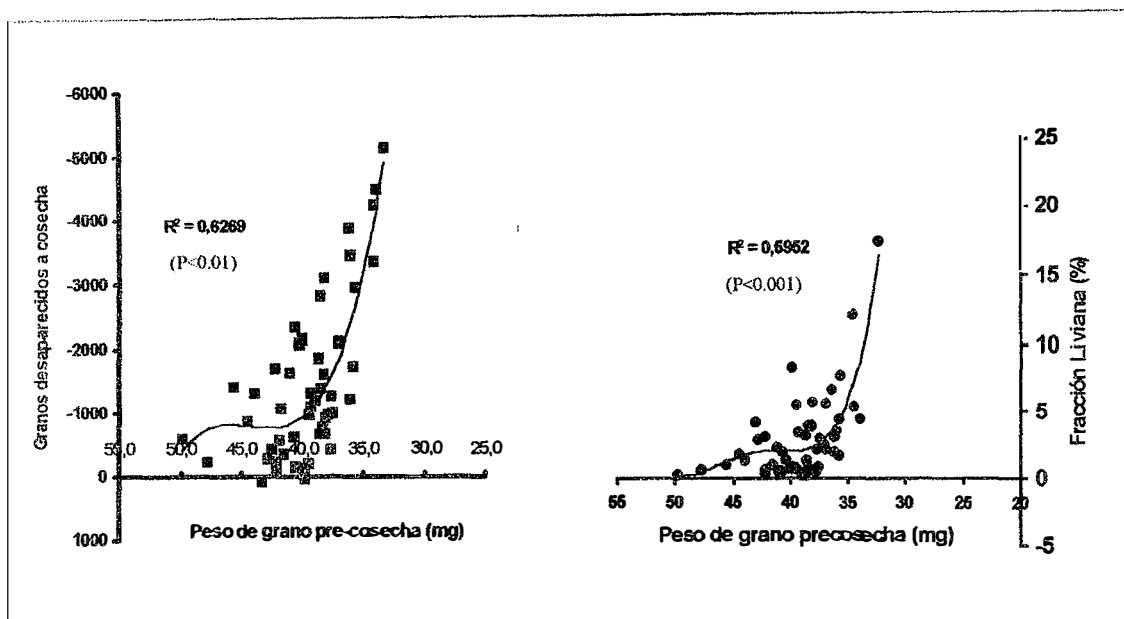


Figura 5.- Relación entre el peso de grano precosecha , la proporción de la fracción más liviana dentro del lote y los granos desaparecidos entre pre y pos cosecha. Peso medio de la fracción liviana 21 mg (30 y 12 mg máximo y mínimo, respectivamente).

Además de los efectos directos del peso de grano antes mencionado, la reducción del peso de grano indirectamente es responsable del resto del 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 los granos desaparecidos que no ingresan finalmente a la tolva. Las fallas en concreción de potencial de rendimiento, serían una consecuencia del propio potencial generado para las condiciones de producción de Uruguay.

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).

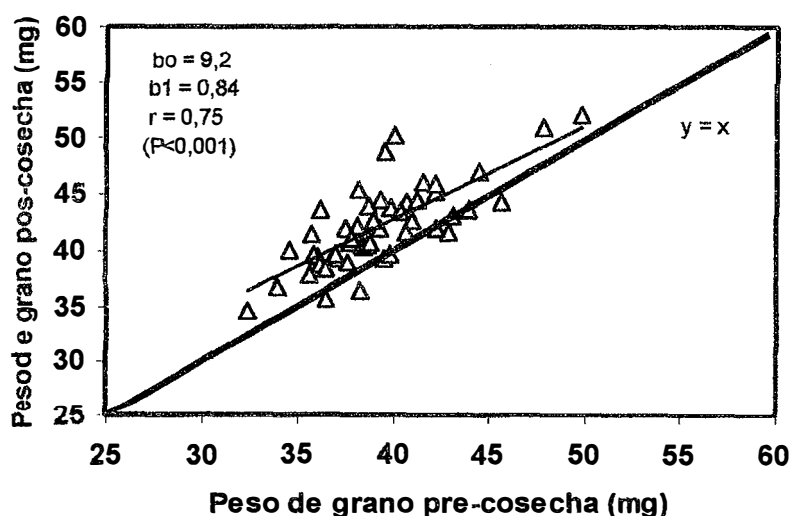


Figura 6.- Relación entre el peso de grano pre y pos cosecha.

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 la proporción de las fracciones más livianas.

En el siguiente cuadro podemos observar los componentes de rendimiento antes y después de la cosecha entre regiones.

Cuadro 2.- Potencial precosecha, rendimiento cosechado y componentes para el 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

En promedio puede observarse en el cuadro 2, que a pesar de las condiciones climáticas diferenciales entre regiones, no existen diferencias en las pérdidas de potencial entre sur y norte y solo se observa una pequeña diferencia a favor del sur en el potencial de rendimiento a cosecha y cosechado.

Cuadro 3.- Potencial precosecha, rendimiento cosechado y componentes para el Sur y Norte del País en función de los tratamientos con funguicidas 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
P.G. 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
P.G. 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)

Los resultados obtenidos muestran en promedio una respuesta al uso de funguicidas que varió en poscosecha entre el 7 y 9%, pero este factor no mostró relación alguna con la magnitud de las pérdidas de granos entre pre y pos cosecha. En la siguiente figura se muestra la respuesta individual al funguicida para el total de las unidades consideradas.

Cebada Relevamiento 2003 (25 chacras)

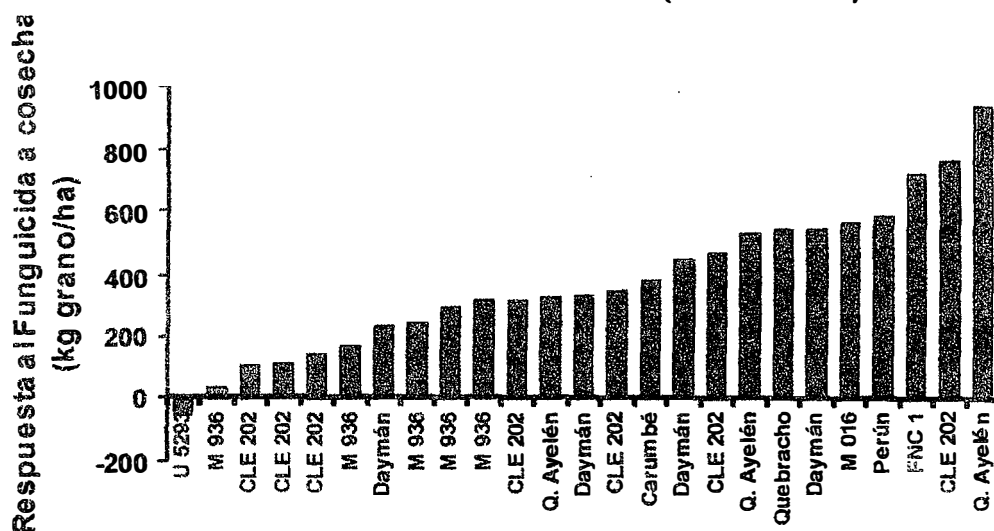


Figura 7.- Respuesta en rendimiento al funguicida a cosecha para el total de las unidades incluidas.

La situación promedio analizada en el cuadro 2, está compuesta por un amplio rango de respuesta al funguicida y que más allá del error experimental nos permite analizar mejor su relación con la concreción de potencial posterior a la cosecha (figura 8).

Podemos ver para este año, 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. 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 asociado a cambios en el número de granos.m² (cuadro 3).

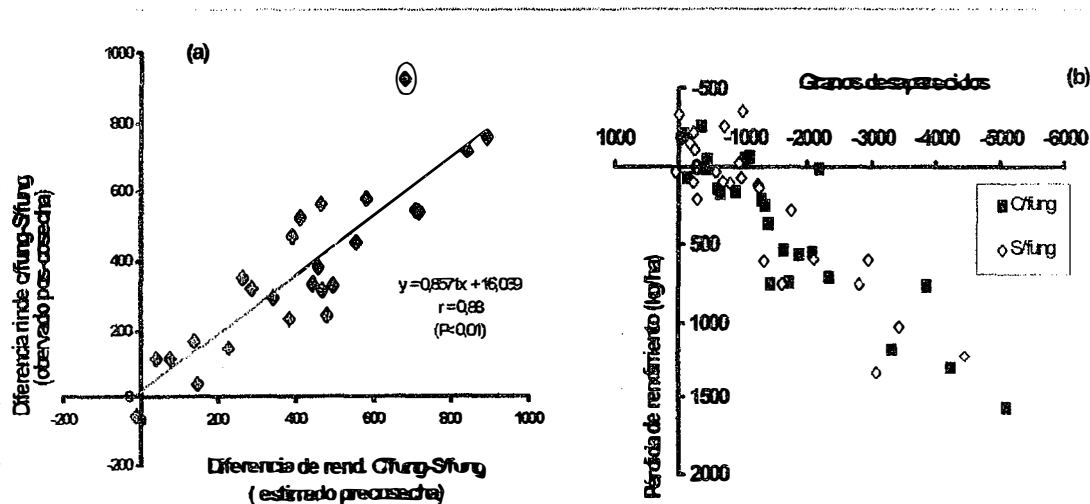


Figura.- 8. Efecto del funguicida en pre y poscosecha (a) y su relación con las pérdidas de potencial derivada de la desaparición de granos (b).

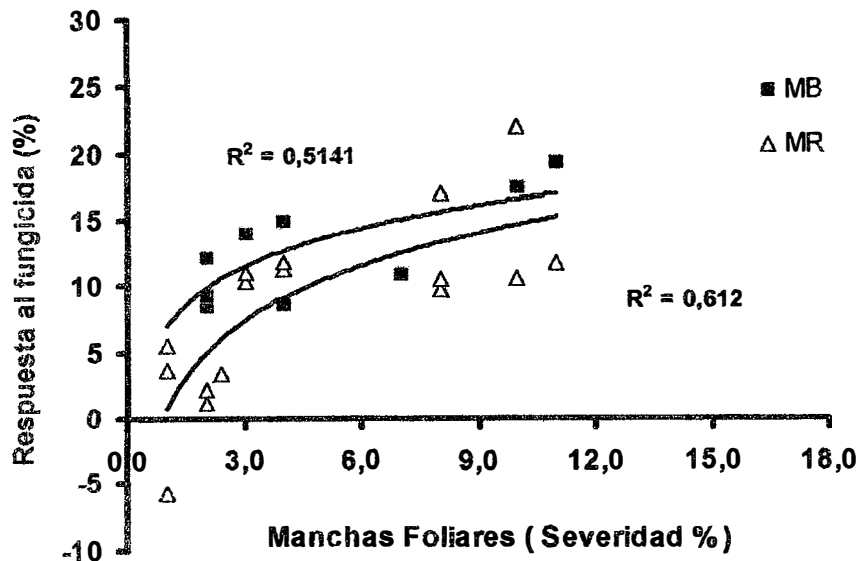
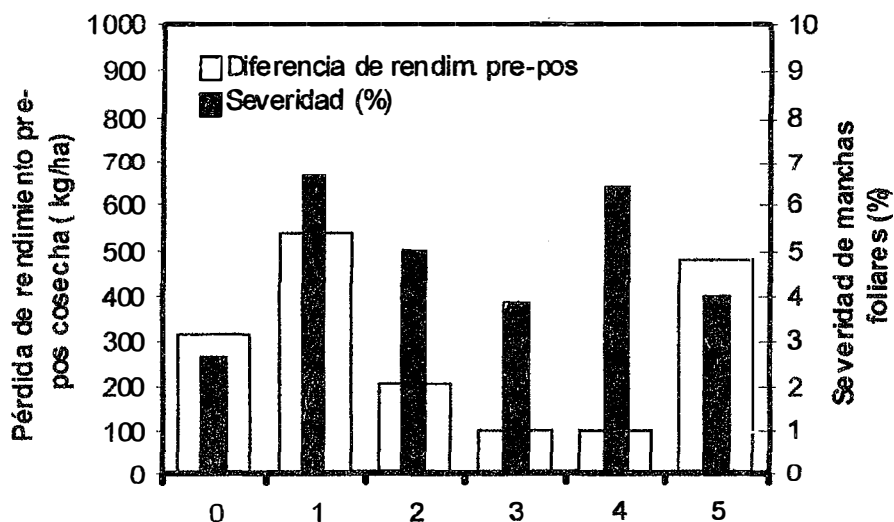


Figura 9.- Respuesta relativa en rendimiento en grano, al uso de funguicidas en función de la severidad entre Z 47 y Z 55 a Mancha en red (MR) y Mancha Borrosa (MB) (severidad determinada en área foliar verde).

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 40 y Z 55. Más allá de la diferencias de criterios y/o desajuste en la estimación de la severidad, parte importante de la respuesta al funguicida para las distintas chacras está asociada a nivel de severidad. Existió una tendencia a 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, Hoffinan, Peverelli y Vignolo 2004 s/p).

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 (figura 9) y quebrado de caña ($R^2 = 0.03$), ni tampoco entre quebrado y pérdidas de cosecha ($R^2 = 0.023$). En la siguiente figura



se presenta para las 5 categorías de quebrado de caña estimada en precosecha, las pérdidas medias de potencial entre pre y poscosecha y la severidad promedio a manchas foliares.

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).

Por lo visto anteriormente, 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. 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.ha⁻¹, sin embargo la disminución del peso de grano a partir de los 11.000 granos.m⁻², genera el primer escalón de pérdida de potencial, estimado en 900 kg.ha⁻¹. El segundo escalón de no concreción (máximo estimado de 1500 kg.ha⁻¹), se generó por los granos no cosechados. En resumen entre el potencial teórico en precosecha y el rendimiento logrado, existen 2400 kg. de grano.ha⁻¹ 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.

Consideraciones finales

Errores en las estimaciones precosecha a nivel de chacra para las condiciones de producción del cultivo de cebada en Uruguay llevaron a efectuar un relevamiento en las principales zonas productoras del país en la zafra 2003, con el objetivo de cuantificar y diagnosticar el origen de dichas pérdidas. El mismo se efectuó a través del trabajo efectuado por los técnicos de las empresas que conforman la Mesa nacional de Cebada y la Facultad de Agronomía.

A partir de la información obtenida en el presente trabajo se confirma que las mayores pérdidas del rendimiento estimado precosecha surgen de las pérdidas ocasionadas por parte del menor número de granos cosechados. Desde el punto de vista de los componentes del rendimiento, el cultivo que logra concretar alto número de granos por unidad de superficie (más de 11000 granos. m⁻²) establece una relación negativa entre el número de granos y el peso promedio de los mismos. Ello representa por sí un menor peso promedio de grano y a su vez una disminución en el número de granos efectivamente cosechados.

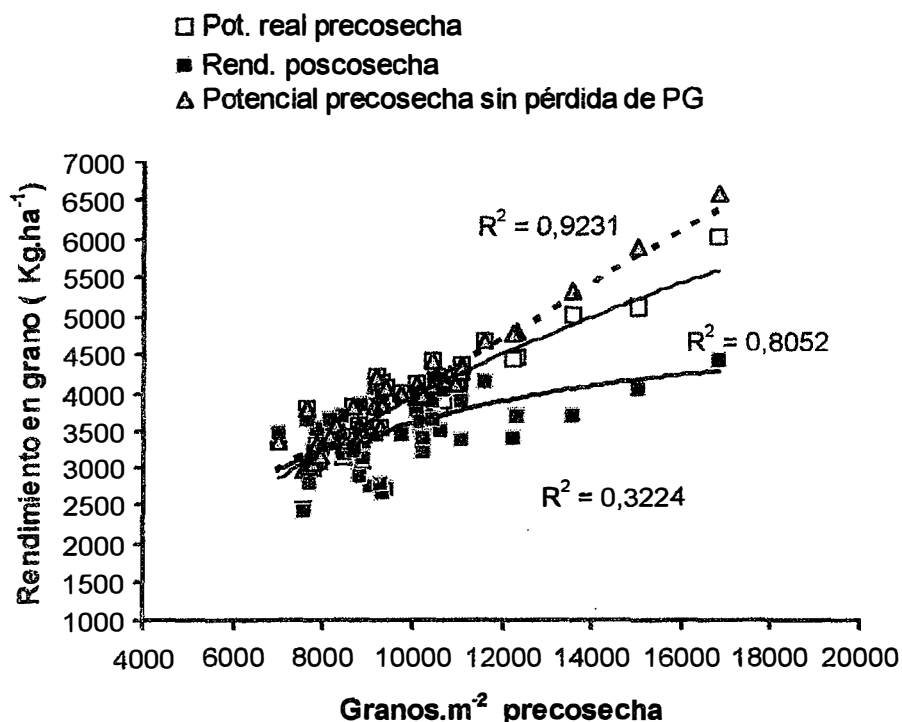


Figura 11.- Relación granos por unidad de superficie precosecha, con rendimiento potencial teórico (potencial estimado en precosecha considerando que por encima de los 11.000 granos.m² el peso de grano se mantiene constante en 40 mg), potencial real y rendimiento logrado en poscosecha.

Estas circunstancias son independientes de la situación sanitaria del cultivo y de la ocurrencia de quebrado de caña, y establecen 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 espigas de mayor tamaño y que en consecuencia requieren 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. Un análisis en perspectiva de cómo se debe estructurar el rendimiento para lograr concretar la mayor proporción del potencial del cultivo surge como imprescindible y plantea un importante desafío a futuro tanto a nivel de mejoramiento genético como de la tecnología del cultivo.

Referencias bibliográficas

- Abato, 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.
- Cochrane, M. P and Duffus, C. M. 1981. Endosperm cell number in barley. Nature 289: 399-401
- Darroch, B.A. and R.J. Baker. 1995. Two Measures of Grain Filling in Spring Wheat. Crop Sci. 35, 164-168.
- Duguid S.D. and Brûle-Babel A.L. 1994. Rate and duration of grain filling in five spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Canadian Journal of Plant Science. 74, 681-686.
- 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, Siri, G, Condon, F. 1995 Aportes sobre la esterilidad de espiga en cebada cervecera. In. VI Reunión Nacional de Investigadores de Cebada. Minas. Uruguay.
- 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 rendimientos y calidad de malta. Cympay Sa- Facultad de Agronomía. In Informe BID-MGAP- S.A.
- Hoffman, E., Borghi, E., Castro, A., Olivo, N., González, S. y Viega, L. 2002. Definición y concreción del potencial de rendimiento de cebada cervecera en ambientes sin limitantes hídricas y de nitrógeno en la primavera. Actas XI Reunión Latinoamericana de Fisiología Vegetal. Punta del Este, Uruguay.
- Kemarian 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.
- Kemarian, 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. (En prensa)
- Kemarian, 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.
- Kemarian, 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.
- 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.
- Mou B., W.E. Kronstad and N.N. Saulescu. 1994. Grain Filling Parameters and Protein Content in Selected Winter Wheat Populations: II. Associations. Crop Sci. 34, 833-841.
- Ramos, J.M. y García del Moral, L.F. 1989. Fisiología de la producción de grano. In Molina Cano, J.M. La Cebada. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. pp.33-35.
- 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.
- 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.
- Yemm E. W. and A. J Willis. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extract by anthrone. Biochem Journal. 57:504-514.
- Viega, L.; Kemarian, 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. (en prensa).
- Volta, J.; van Eeuwijk, F.A.; Araus, J.L. and Romagosa I. 1999b. Interacting statistical and ecophysiological analyses of genotype by environment interaction for grain filling of barley II. Grain growth. Field Crops Research, 62:63-74.
- Volta, J.; van Eeuwijk, F.A.; Sombrero, A.; Lafarga, A. Igartua, E. and Romagosa I. 1999b. Interacting statistical and ecophysiological analyses of genotype by environment interaction for grain filling of barley I. Individual grain weight. Field Crops Research, 62:63-74.
- Volta, J.; Romagosa I. and J.L. Araus. Growth and Final Weight of Central and Lateral Barley Grains under Mediterranean Conditions as Influenced by Sink Strength. Crop Science, 38:84-89 (1998).

EFFECTO DEL MANEJO DEL TRIGO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD.

1. Posibilidades de predicción y control químico de fusariosis de espiga^{*}

Sebastián Mazzilli, Oswaldo Ernst, Carlos Pérez

INTRODUCCIÓN.

Los años en los que las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la fusariosis de espiga, el productor y el país -en su conjunto- enfrentan problemas de producción y calidad del grano producido. El problema afecta a toda la cadena agroindustrial, ya que no es posible utilizar el producto para la producción de harina, destino principal de la producción primaria.

Si bien existen medidas de manejo que reducen el riesgo de ocurrencia de epifitias, existen situaciones en que el productor debe definir la aplicación de un fungicida con el objetivo de minimizar el impacto de la enfermedad en la producción. El control químico preventivo es una medida de manejo que ha mostrado una amplia variación de resultados, lográndose eficiencias de control de 30 a 90 % (Díaz *et al.* 2002; Pereyra y Stewart, 2002) . Esta inconsistencia ha sido explicada básicamente por tres factores: a) características estructurales de la espiga, b) el método de aplicación, c) el momento de aplicación, siendo este ultimo uno de los puntos clave en definir la eficiencia.

La coincidencia de condiciones ambientales que favorecen a la enfermedad con condiciones inapropiadas para realizar las aplicaciones, junto con la falta de sistemia de los productos aplicados a la espiga, han derivado que en muchos casos se establezca una aplicación a estadio fijo como estrategia de control preventivo. El riesgo en la implementación de esta estrategia es que si posteriormente no ocurren las condiciones ambientales favorables, la aplicación pudo haberse evitado.

Una forma de racionalizar esta estrategia es mediante la utilización de pronósticos climáticos y estimación del posible nivel de incidencia y severidad de la enfermedad. De esta forma se lograría aplicar el fungicida solo si es necesario.

El objetivo del trabajo realizado durante la zafra 2003/04, fue evaluar el uso del modelo propuesto por Moschini y Fortugno (1996) como predictor de la ocurrencia de periodos críticos que permita identificar el momento óptimo para la aplicación de un fungicida. El modelo ha sido utilizado para confirmar eventos, o sea, luego de ocurrida una epifitia, permitiendo clasificar la zona triguera de la provincia de Buenos Aires durante la cosecha 2001/02 por ejemplo, segregando lotes de grano por incidencia de fusariosis. También ha sido utilizado con éxito en Uruguay para describir las características de zafra con y sin fusarium (Romero, 2001).

En este trabajo se plantea utilizarlo como predictor de condiciones favorables durante el período de floración del trigo, y decidir la aplicación o no del fungicida, así como el momento en función de esta estimación.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Los experimentos se realizaron en el año 2003 en el área de influencia de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada 11 km al sur de la ciudad de Paysandú. Se instalaron un total de 26 ensayos en chacras de trigo de productores seleccionados de una lista de productores suministrada por los departamentos técnicos de la cooperativa CALPA y de la consultora Unicampo Uruguay SRL.

Las chacras fueron seleccionadas de manera de tener el mayor período de floración posible. Esto se logró por diferentes fechas de siembra y principalmente diferentes cultivares. Dentro de cada rango de fecha de siembra y cultivares se buscó la mayor variabilidad posible en cuanto a presión de inóculo presente. (esto es: historia de chacra, manejo del rastrojo, laboreo y manejo del cultivo). Las variedades presentes fueron: INIA Churrinche, INIA Tijereta, INIA Gorrión, INIA Torcaza, Pelón 90, Prosedel Plata y Baguette 10.

En cada chacra se instalaron 4 parcelas tratamientos de 5 x 5 m, separadas por 5 metros entre ellas de manera de evitar posible deriva del tratamiento químico. Los tratamientos evaluados fueron:

^{*} Trabajo aprobado para su ejecución dentro del proyecto LIA 021 Facultad de Agronomía-INIA/BID y la Mesa Nacional de trigo

- 1- Testigo sin aplicación de fungicidas.
- 2- Aplicación de fungicida en el mejor momento según el criterio actual (comienzo de floración)
- 3- Aplicación del fungicida en el primer momento determinado por el modelo de predicción.
- 4- Aplicación del fungicida en todos los momentos determinados por el modelo de predicción.

El fungicida utilizado fue metconazol (Caramba - Basf), por ser el principio activo con el que se han logrado los mejores resultados en el control de esta enfermedad, tanto en trigo como en cebada (Díaz *et al.*, 2002; Pereyra y Stewart, 2002). La aplicación se realizó con mochila con control de presión con 1L.ha⁻¹ de producto comercial y con un volumen de agua de 400 L.ha⁻¹. Los picos utilizados en las aplicaciones corresponden a doble abanico plano uniforme (TwinJet 60 – 8004).

MODELO DE PREDICCIÓN.

El modelo de predicción utilizado corresponde al de Moschini y Fortugno (1996) desarrollado en Argentina. Es un modelo empírico que considera que el período de susceptibilidad del trigo dura 530⁰ día a partir de 8 días previos a plena floración (Z47). Los parámetros climáticos utilizados por el modelo son : temperatura, HR y precipitaciones.

El modelo permite estimar la incidencia de la enfermedad en el cultivo a partir de la siguiente ecuación:

$$I\% = 20,37 + 8,63.NP - 0,49.DG$$

I%: es la incidencia de la enfermedad, el porcentaje de espigas con fusariosis en relación al total de espigas evaluadas.

NP: número de períodos de dos días de los cuales el primero se registra lluvia y humedad relativa del aire superior al 81% y el segundo una humedad relativa igual o mayor al 78%.

DG: diariamente y a lo largo del período sensible se acumula lo que excede a 26°C en temperatura máxima y lo inferior a 9°C en temperatura mínima.

$$DG = \sum (MaxT - 30) + (9 - Min T)$$

El periodo en el cual hay que realizar un monitoreo de las condiciones climáticas comienza 8 días previos a la plena espigazón, y finaliza al acumular 530 grados día base cero (26-32 días).

Para utilizarlo como herramienta para el pronóstico de ocurrencia de enfermedad, se utilizaron pronósticos meteorológicos de los próximos 5 días a partir de la fecha en cuestión.

Diariamente a partir del 1º de setiembre se cargaron los datos climatológicos tomados de la estación meteorológica automatizada de la EEMAC lo que permitió ir actualizando el índice con su valor real y a la vez ir correlacionando lo estimado por cada pronóstico con la situación real.

Las decisiones de aplicación se tomaron cuando el índice conformado por los valores climáticos reales más el pronóstico a 5 días predecía una incidencia superior al 30%.

DETERMINACIONES

Incidencia y severidad.

A los 21 días de ocurridas las condiciones predisponentes o en su defecto una vez finalizado el período en el cual el cultivo está susceptible, por apreciación visual bajo lupa, se estimó incidencia (espigas infectadas/total de espigas evaluadas) y severidad (espiguillas infectadas / espiguillas totales) sobre el total de las espigas colectadas en 5 m lineales por tratamiento.

A cosecha se determinó el nº de espigas, rendimiento por espiga, % de granos con peso menor a 20 g, y peso hectolítrico, restando aun el análisis de DON.

RESULTADOS PRIMARIOS

Condiciones climáticas durante la floración.

En el Cuadro 1 se presenta la duración del periodo de floración para las chacras que ingresaron al periodo de susceptibilidad entre el 22 /9 y 23/10.

Cuadro 1. Duración de la floración en días para chacras que florecieron entre 30/9 y 30/10.

Inicio floración	Periodo susceptible (días)
30-Sep	29
5-Oct	30
10-Oct	30
15-Oct	29
20-Oct	28
25-Oct	27
30-Oct	27

Durante este período las condiciones de temperatura, lluvia y humedad no fueron favorables para el desarrollo de fusariosis de espiga. Esto se puede apreciar claramente cuando se corre el modelo de Moschini y Fortugno (1996) para todo el período de floración durante el año 2003 y se lo compara con el año 2002

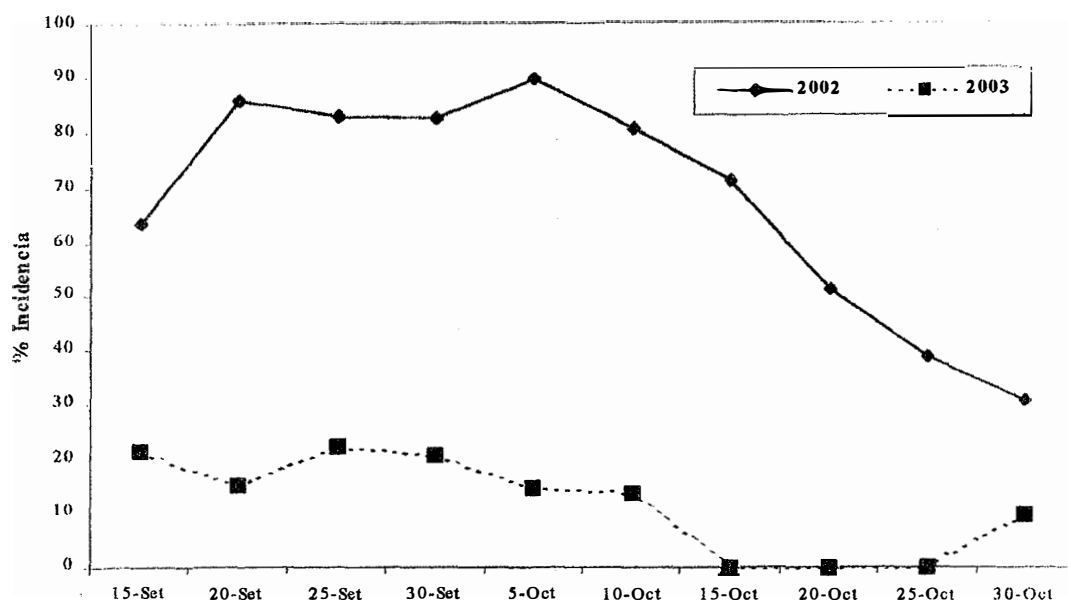


Figura 1: Incidencia de fusariosis de espiga según fecha de floración estimado por el modelo de Moschini y Fortugno, 1996 para los años 2002 y 2003.

La principal determinante de los bajos índices de incidencia está dada por el bajo número de episodios de lluvias acompañados de condiciones de alta humedad relativa. Durante la floración en el año 2002, se registraron 33 episodios de lluvia, mientras que en el 2003, la cantidad fue de 25. A su vez la cantidad de periodos en que la ocurrencia de precipitaciones fue acompañada por condiciones de humedad relativa del aire que definiera un periodo crítico determinó mayores diferencias entre años, totalizando 7 para el 2003 y 16 para el año 2002.

Existieron condiciones de aplicación sólo para las floraciones que ocurrieron entre el 30 de setiembre y 10 de octubre (datos no presentados). Por su parte las floraciones comprendidas entre el 15 y 25 de octubre nunca tuvieron condiciones climatológicas que hicieran que el índice se elevara, por el contrario, este siempre fue disminuyendo. Por ultimo las floraciones ocurridas el 30 de octubre presentaron el mismo comportamiento que las anteriores hasta los últimos días de su período susceptible, fecha en la cual sucedieron condiciones que hicieron que el índice se elevara aunque sin llegar a nivel de aplicación, o sea 30 %.

Resultados obtenidos

Para el análisis de la información se separan las chacras según la existencia o no de periodos con condiciones predisponentes para el desarrollo de fusariosis durante la floración.

Las chacras en las cuales no existieron condiciones predisponentes el tratamiento testigo y la aplicación a momento variable fueron iguales, ya que no hubo predicción de aplicación.

Por su parte en las chacras en las que se predijeron condiciones predisponentes favorables, estas se dieron al comienzo del periodo de floración por lo cual la aplicación fija coincidió con la variable o tuvieron un día de diferencia.

En aquellas chacras en que no existieron condiciones predisponentes para el desarrollo de fusariosis de espiga, la aplicación a momento fijo determinó una disminución estadísticamente significativa en la incidencia de la enfermedad. La variación se produjo dentro de valores absolutos muy bajos (6,8% y 4,9% de espigas afectadas para testigo y aplicación fija respectivamente) (Cuadro 2).

Cuadro 2: Incidencia y severidad de fusariosis de espiga en trigo en función del tratamiento y existencia de condiciones predisponentes. Zafra 2003/04.

Condición Predisponente	NO		SI		
Tratamiento	T = V	F	T	F	V
Incidencia	6,8 <i>a</i>	4,9 <i>b</i>	12,3 <i>a</i>	5,8 <i>b</i>	8 <i>b</i>
Severidad	10,8 <i>ns</i>	9,6 <i>ns</i>	11,5 <i>a</i>	6,9 <i>b</i>	9,9 <i>ab</i>

Nota: Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si $p < 0.05$.

-T= testigo; V= aplicación variable; F= aplicación fija.

Para el mismo grupo de chacras la severidad no fue significativamente modificada, lo que sumado a los bajos valores de incidencia permite concluir que cuando el modelo no predijo situaciones predisponentes para la enfermedad no se justificaría la aplicación preventiva del fungicida.

Para las situaciones con predicción de Incidencia, las aplicaciones determinaron una disminución de la incidencia y severidad a valores absolutos similares a los obtenidos en las chacras sin respuesta, con lo cual la aplicación de fungicida se justificaría bajo este tipo de condiciones.

No es posible hacer una evaluación entre la aplicación a tiempo fijo y variable ya que se dieron prácticamente al mismo momento y las variaciones entre ellas es producto del proceso de muestreo.

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados corresponden a un año en el que la incidencia de la enfermedad fue relativamente baja. A pesar de esto, utilizando el método propuesto se lograron identificar situaciones con riesgo y respuesta al control químico diferenciales:

- No existieron disminuciones en la severidad de la enfermedad con aplicaciones fijas cuando el modelo no predijo condiciones ambientales favorables durante todo el periodo de floración. Indicando un buen ajuste del modelo en la determinación de no aplicación.

- Cuando existieron condiciones favorables, aún durante pocos días dentro del rango de floración, las aplicaciones lograron disminuir la incidencia y severidad a valores semejantes a los encontrados en ausencia de condiciones.
- Resta aún realizar los análisis correspondientes a calidad de harinas y DON.
- Los resultados preliminares indican que la utilización del modelo podría ser una herramienta más tendiente a minimizar el efecto de la fusariosis de espiga en la producción de trigo.

AGRADECIMIENTOS

- *BASF Uruguay, CALPA y UNICAMPO Uruguay SRL por el apoyo en la selección de chacras y financiación del trabajo de campo.*
- *A la Ing. Agr. MSc. Silvia Pereyra por sus invalores aportes en la formulación del presente trabajo.*

BIBLIOGRAFÍA

- Díaz, M; Pereyra, S; Stewart, S. 2002 a. Antecedentes y perspectivas de control de fusariosis de la espiga de trigo. In: Jornada Técnica Cultivos de Invierno. INIA La Estanzuela. Serie Actividades de Difusión N° 282. p 1-9.
- Moschini, R and Fortugno, C. 1996. Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina. *European Journal of Plant Pathology* 102:211-218.
- Moschini, R; Pioli, R; Carmona, M; Sacchi, O. 2001. Empirical Predictions of wheat head blight in the northern Argentinean pampas region. *Crop Sci.* 41(5):1541-1545.
- Pereyra, S; Stewart, S. 2002. Fusariosis de la espiga en cebada. In: Jornada Técnica Cultivos de Invierno. INIA La Estanzuela. Serie Actividades de Difusión N° 282. p 11-16.
- Romero, R. 2001. Estimación de la incidencia de fusariosis de la espiga. Página web: <http://www.inia.org.uy>. GRAS INIA La Estanzuela.