

Respuesta de 7 cultivares de trigo al déficit y exceso hídrico durante el encañado.

NOTA TÉCNICA

Esteban Hoffman*, Luis Viega**, Andrés Baeten***, Alejandro Lamarca****, Martín Lamarca****, Sebastián Wornicov****

La expansión e intensificación de los sistemas agrícolas y el incremento en los potenciales de rendimiento, han llevado a que en los cultivos de invierno el agua se convierta en un componente relevante de la variación del potencial concretado en diferentes años y chacras (Ernst *et al.*, 1990, Hoffman *et al.*, 2001, Hoffman *et al.*, 2007; Hoffman *et al.*, 2008). Condiciones de estrés generadas por exceso y por déficit hídrico, durante los períodos críticos, pueden hacer variar el rendimiento y la calidad de grano de forma significativa y diferencial para distintas variedades de trigo y cebada. A su vez, la siembra en nuevas zonas sobre suelos con mayores problemas de drenaje y/o escasa capacidad de almacenaje (zona centro, noreste y este del país), genera la necesidad de disponer de información que permita mitigar los posibles efectos negativos asociados a condiciones de anegamiento y/o déficit hídrico. Más aún si se considera que en estas regiones el régimen de precipitaciones difiere de la zona tradicionalmente agrícola.

En Uruguay se ha comenzado a generar información que advierte sobre las fallas en la concreción del potencial de rendimiento por déficit hídrico (Dh) durante la fase de encañado y llenado de grano en cebada y trigo (20 y 30%, respectivamente) (Hoffman *et al.*, 2007; Hoffman *et al.*, 2008). El proyecto de susceptibilidad varietal al estrés hídrico, que actualmente está ejecutando la Facultad de Agronomía se complementa y coordina con el trabajo de la Ing. Agr. Marina Castro en INIA, cuyo principal énfasis ha sido determinar los efectos sobre la calidad del grano de distintas variedades de trigo asociadas al estrés hídrico pos-antésis. En los trabajos preliminares iniciados en el 2006 en Facultad de Agronomía,

el exceso hídrico (Eh) en estadios tempranos, también provocó pérdidas de potencial del orden de 18 a 28%, en trigo y cebada respectivamente (Hoffman, Fernández y Viega com. pers.). En 2007, de los 8 cultivares de cebada evaluados, todos fueron afectados por un corto período de anegamiento en encañazon (9 días) con pérdidas promedio de 30 %. La magnitud de las pérdidas variaron entre 14 y 36%, según el cultivar (Hoffman *et al.*, 2008). Para años sin aparentes condiciones extremas de exceso hídrico, Díaz (2005) determinó que el 23% de la variación del rendimiento de cebada estuvo explicado por la tolerancia al anegamiento para distintos cultivares.

Existen numerosos antecedentes a nivel mundial respecto a la caracterización de cultivares por su tolerancia al Dh y/o Eh (Setter y Waters, 2003), mientras que en Uruguay se carece de esta información. Generarla en forma continua para todos los nuevos cultivares lanzados al mercado, facilitaría la planificación en cuanto a la mejor estructura varietal en función de las distintas condiciones de riesgo, dado por región, tipo de suelo, topografía e historia de chacra.

El presente trabajo, desarrollado con igual protocolo al utilizado en cebada cervicera en el año 2007, tiene como objetivo conocer el comportamiento de siete cultivares de trigo a condiciones contrastantes de estrés hídrico. De ellos, cinco se preveía serían los más sembrados durante el 2008 (resultante de encuestas a informantes calificados realizadas en otoño 2008 por parte de empresas que abarcan un área aproximada de 140.000 ha). Los otros dos son nuevos cultivares recientemente ingresados al área de siembra nacional, como Nogal y Atlax, los cuales se encuentran caracterizados por el Programa de Caracterización de Cultivares de Trigo (PCCT) de Facultad de Agronomía.

El trabajo se desarrolló en condiciones semi-controladas (Figura 1), debajo de una estructura

* Ing. Agr. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

** Ing. Agr. Dpto. Biología Vegetal.

*** Ayudante de investigación Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

**** Estudiantes en tesis de grado



Figura 1. Distintas etapas del crecimiento de las plantas de trigo bajo telado.

cubierta (telado) que permite controlar el ingreso de agua de lluvia pero que posibilita mantener la temperatura a niveles similares a los del ambiente. Las plantas fueron cultivadas en tubos de 25 cm de diámetro por 40 cm de profundidad, sembradas el 22 de junio a una población equivalente a 180 pl/m². El sustrato fue una mezcla de suelo y arena en proporción 1:1. A siembra se agregó un equivalente a 80 kg de P₂O₅/ha, y la refertilización en pos-emergencia, con un equivalente a 40 y 30 kg de N/ha, a Z 22 y Z 30 respectivamente. Las plantas fueron mantenidas libres de enfermedades con dos aplicaciones de Opera (Epoxiconazole + Piraclostrobin), equivalente 1 L de PC/ha, a Z 40 y Z 70.

A cada cultivar se le impusieron tres niveles de agua, durante 9 días a partir de Z 31-32. Los tres niveles fueron: a) sin limitantes hídricas (normal), en base al mantenimiento de una lámina continua de agua de 20 mm en la base de cada tubo (control), b) déficit hídrico (seco) (se

suspende completamente el riego) y c) exceso hídrico (se mantiene una lámina continua de agua de 10 mm, sobre el suelo) (anegado). El riego se realizó desde abajo con el fin de eliminar los bolsones de oxígeno que se formarían al hacerlo desde arriba. Al final del día 9, se igualan las condiciones hídricas de los dos tratamientos de estrés con el tratamiento control.

Las determinaciones realizadas fueron: contenido de humedad en el suelo, plantas vivas a madurez fisiológica, macollos máximos a Z 30, ciclo a Z 65, biomasa total a cosecha e índice de cosecha, rendimiento y componentes del mismo.

RESULTADOS

Para el período de estrés (9 días, a partir de Z 31-32), la evolución del porcentaje promedio de humedad del suelo de cada tratamiento se muestra en la Figura 2.

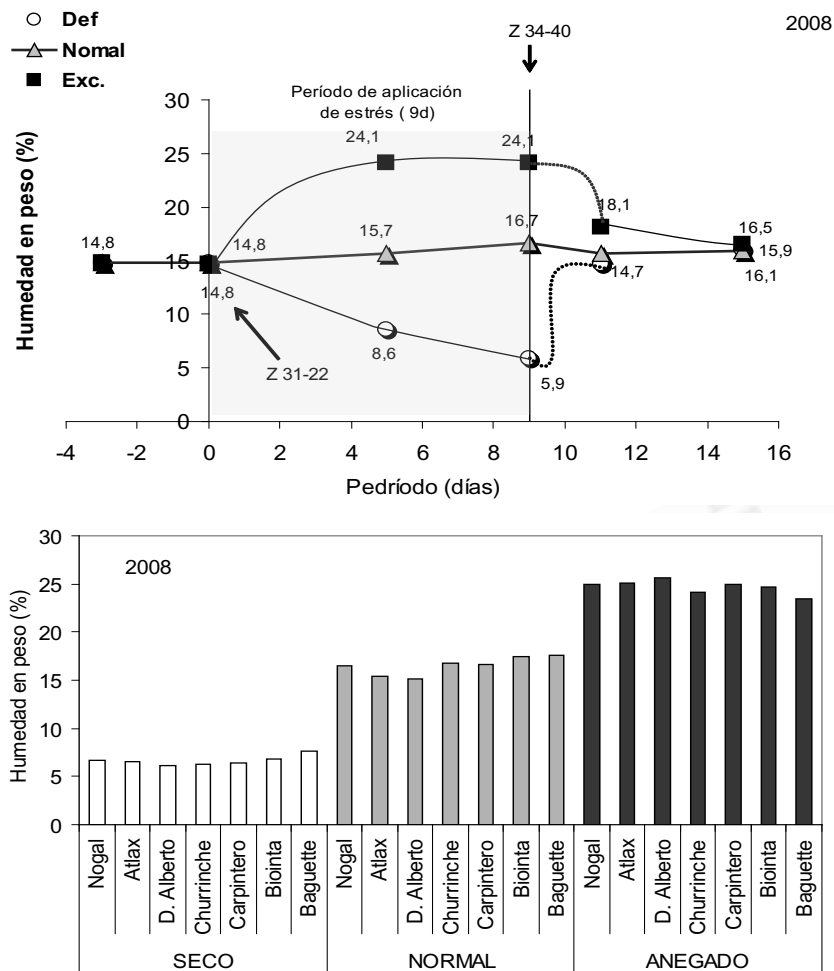


Figura 2. Evolución de la humedad promedio del suelo, para los tres tratamientos, seco (Def), anegado (Exc) y control (Normal), (arriba) y el nivel de humedad para cada cultivar al final de los 9 días, para cada tratamiento (abajo).

Los niveles de humedad promedio alcanzados en cada tratamiento no muestran diferencias entre cultivares al final del período de estrés hídrico y se logró similar evolución de la humedad promedio por tratamiento a la obtenida por Hoffman et al. (2008).

El rendimiento en grano por planta fue afectado por el cultivar y el nivel hídrico del suelo (Estrés). La interacción, también resultó significativa, revelando que la respuesta a las distintas condiciones de estrés fue diferente según el cultivar considerado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza, para rendimiento en grano por planta.

F. de V.	Gl	CM	Valor F	Pr > F
Cultivar	6	1,74	9,83	0,0001
Estrés	2	6,12	34,60	0,0001
Cult. * Estrés	12	0,33	1,85	0,0316

Modelo: Parcelas al azar con tres repeticiones.

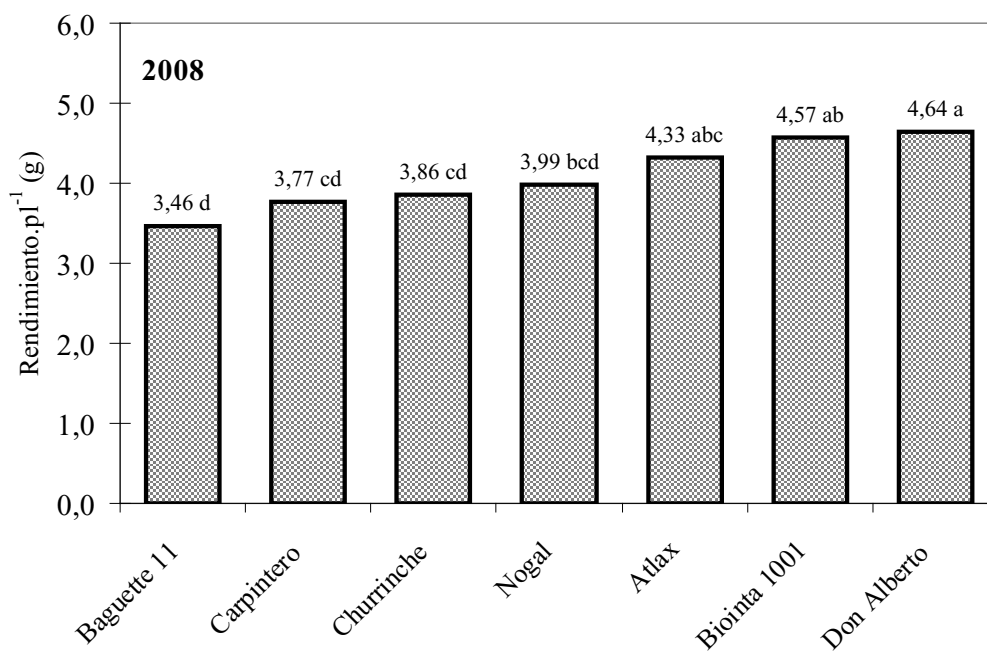
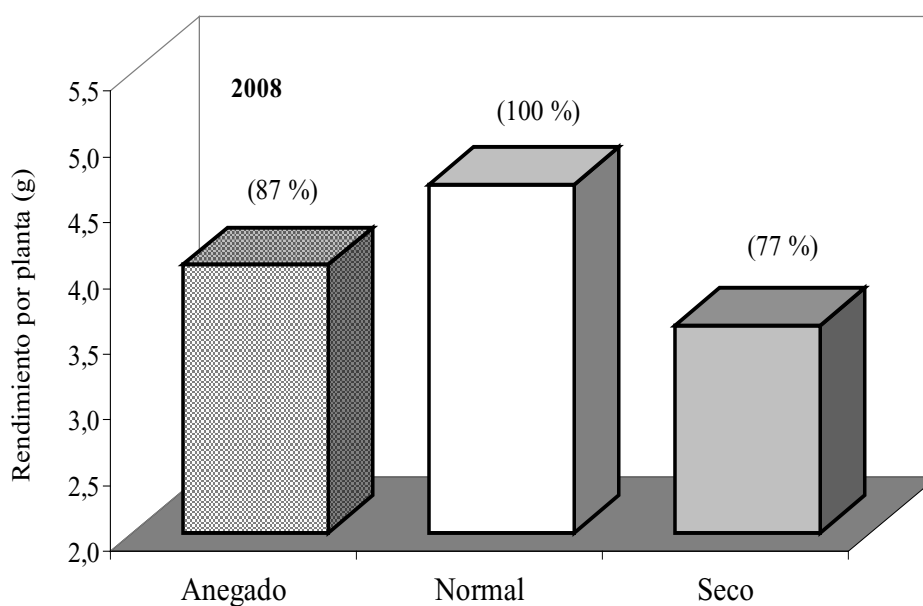


Figura 3. Rendimiento promedio por planta por cultivar.



	Anegado	Normal	Seco	P > F
Rendimiento/pl	4,04 b	4,65 a	3,57 c	0,0001
Biomasa total/pl	10,80 b	11,70 a	10,10 b	0,0001
IC (%)	37,00 b	40,00 a	35,00 c	0,001

Nota: Valores seguidos de igual letra en cada fila no se diferencian estadísticamente ($P < 0,05$)

Figura 4. Rendimiento, biomasa total e índice de cosecha promedio por planta para cada tratamiento de estrés hídrico.

Existió una clara tendencia a que los cultivares de ciclo más corto presenten mayor rendimiento por planta, posiblemente como consecuencia del escape a las temperaturas más elevadas sobre el final del ciclo. Es importante destacar que para la metodología utilizada se lograron plantas de rendimiento elevado, y que en la situación sin estrés hídrico, los rendimientos en grano son equivalentes a rendimientos de campo del orden de los 7000-7500 kg/ha (Figura 3).

Durante el encañado, el efecto negativo sobre el rendimiento fue mayor en el tratamiento de déficit hídrico que en el de exceso hídrico (Figura 4). Ello concuerda con la respuesta esperada para la especie. Respuesta que se puede entender como consecuencia de la reducción de la biomasa total y del índice de cosecha (Cuadro 2). Mientras el estrés hídrico por déficit redujo el rendimiento promedio por planta en un 23 %, el exceso determinó una caída del 13 %, para el promedio de los siete cultivares evaluados.

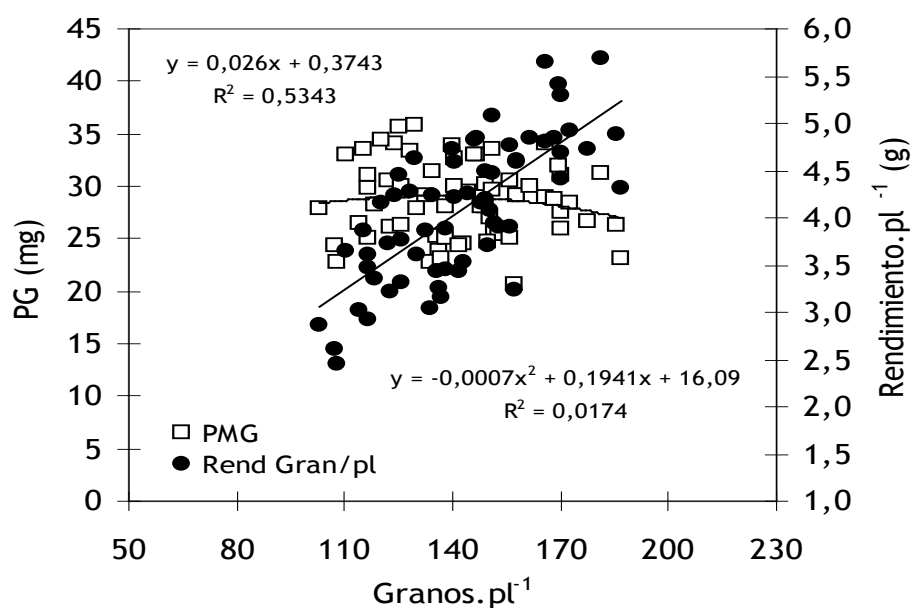
Cuadro 2. Variación en los componentes del rendimiento para los cultivares evaluados, en respuesta a situaciones de condición hídrica contrastante durante el encañado.

		Anegado	Normal	Seco	MDS (0,05)
	Esp/pl	3,33 a	3,13 a	2,80 a	0,74
	Grano/esp	45,58 a	49,07 a	45,10 a	7,68
	PG (mg)	29,07 a	27,73 a	26,63 a	6,30
Baguette 11	Esp/pl	3,47 a	3,73 a	3,33 a	0,91
	Grano/esp	41,99 a	43,76 a	40,07 a	14,10
	PG (mg)	25,10 a	24,03 ab	22,17 b	2,30
Carpintero	Esp/pl	2,40 ab	2,93 a	2,33 b	0,55
	Grano/esp	51,29 a	55,17 a	59,39 a	12,80
	PG (mg)	26,63 ab	28,20 a	25,13 b	2,50
Churrinche	Esp/pl	3,00 b	3,67 a	2,73 b	0,62
	Grano/esp	41,71 a	48,11 a	45,97 a	16,10
	PG (mg)	28,13 a	27,87 a	25,43 a	4,00
Atlax	Esp/pl	3,87 a	3,93 a	3,87 a	1,47
	Grano/esp	37,30 a	40,10 a	36,9 a	12,70
	PG (mg)	30,20 a	30,23 a	28,03 a	2,70
Don Alberto	Esp/pl	4,00 a	3,93 a	3,60 a	0,44
	Grano/esp	35,46 a	37,12 a	37,31 a	11,3
	PG (mg)	32,63 a	34,23 a	32,37 a	5,00
Biointa 1001	Esp/pl	3,13 ab	3,47 a	2,60 b	0,62
	Grano/esp	43,42 a	48,40 a	45,06 a	13,40
	PG (mg)	34,03 a	32,27 a	32,17 a	3,00

Nota: valores con distintas letras difieren entre si al 5%, dentro de cada cultivar.

La reducción del rendimiento bajo anegamiento obedeció a la caída en el número de granos por planta, contribuyendo casi en igual proporción la disminución del número de espigas y granos por espiga (aunque no existió efecto significativo en este último componente) (Figura 5). Ello es coincidente con los eventos fisiológi-

cos que transcurren durante el período de estrés (sobrevivencia de tallos y crecimiento de espiga). La mayor depresión del potencial observada bajo condiciones de déficit de agua, fue resultado fundamentalmente de la reducción del número de granos por planta explicado por una reducción significativa del número de espigas.



	Anegado	Normal	Seco	P > F
Espigas/pl	3,31 a	3,54 a	3,04 b	0,0001
Granos/esp	42,40 a	46,00 a	44,30 a	0,1575
Granos tot/pl	140,30 b	162,80 a	134,70 b	<0,0001
PMG (g)	29,40 a	29,20 a	27,40 b	0,0008

Figura 5. Rendimiento por planta y peso de grano en función de la variación total de granos por planta y componentes de rendimiento por tratamiento de estrés.

Valores seguidos de igual letra en cada fila no se diferencian estadísticamente: Tuckey ($P < 0,05$)

Frente a la misma condición de estrés, la respuesta estuvo condicionada por el cultivar (Figura 6). Estos resultados inéditos para Uruguay, como lo fueron los primeros generados en cebada durante el 2007 (Hoffman *et al.*, 2008), abren un camino de trabajo sobre el cual es necesario profundizar, y también tratar de confirmar la metodología que asegure repetibilidad en los resultados.

De acuerdo a estos resultados, se podrían definir tres grupos de cultivares de rango de bienestar hídrico contrastante: amplio, estrecho y sesgado. En cada una de estas categorías, Atlax y Don Alberto se podrían definir con un rango de bienestar hídrico amplio, Carpintero, Churrinche y Biointa 1001, estrecho, y los dos cultivares restantes (Nogal y Baguette 11) con un rango de bienestar hídrico sesgado hacia condiciones de humedad por encima de lo normal. En el siguiente cuadro, se presenta la variación en los componentes del

rendimiento, para cada cultivar en respuesta a las condiciones de estrés impuestas durante 9 días del encañado, a partir de Z 31-32. La sensibilidad o tolerancia de cada cultivar se puede justificar en función de como construyen el rendimiento cada uno de ellos.

Si consideramos que para el trigo, el estrés por déficit de agua deprime más el rendimiento, a diferencia de lo que cabría esperar para la cebada (Setter y Waters, 2003), Don Alberto y Atlax, en este primer año se ubicarían como los cultivares más tolerantes. En el otro extremo, se posicionó Churrinche, que en forma preliminar podría ser el cultivar con mayor susceptibilidad. Si bien se destaca el comportamiento tolerante de Nogal al anegamiento durante el encañado, hay otros cuatro cultivares que evidenciaron muy buen comportamiento (Baguette 11, Don Alberto, Atlax y Biointa 1001). Estos resultados estarían asociados a las condiciones de recuperación

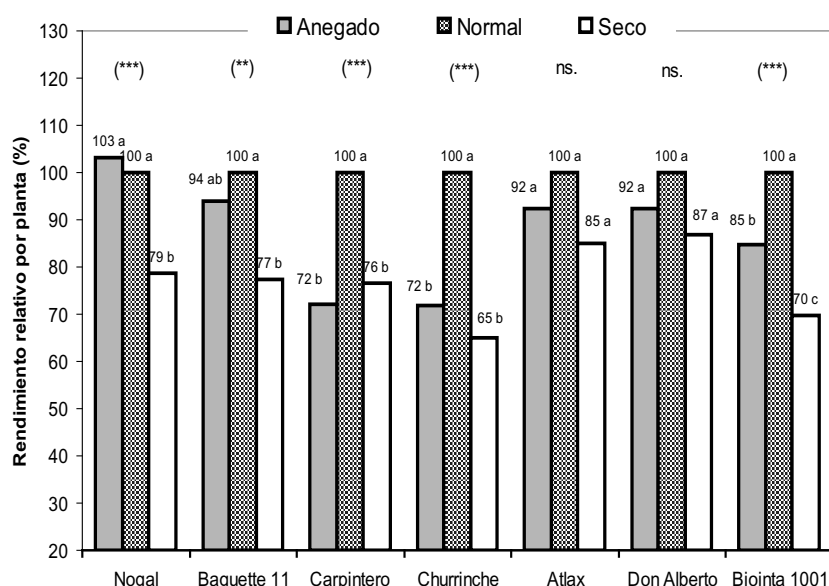


Figura 6. Rendimiento relativo por planta, para la interacción cultivar por estrés hídrico, ordenados de izquierda a derecha de mayor a menor largo de ciclo.

Valores con diferente letra para cada cultivar difieren entre sí: Tuckey ($P < 0,05$)

pos-estrés (Setter y Waters, 2003). En la medida que se mantengan por más tiempo el estrés hacia estados más avanzados en el ciclo de cultivo, este tipo de comportamientos puede variar sustantivamente, limitando la fase de recuperación como un componente clave de la respuesta final diferencial entre cultivares (Collaku y Harrinson, 2002; Setter y Waters, 2003).

El comportamiento observado para cada cultivar, además de ser resultados de un año, es específico para el encañado, y por tanto no debe trasladarse al comportamiento general para cualquier etapa del ciclo o intrínseco del cultivar (Trought y Drew, 1982). En particulares, condiciones de estrés durante el llenado de grano, tiene el adicional de que no resta tiempo de recuperación pos-estrés. De todas formas, si pensamos que la demanda por información acerca de qué cultivares podrían adaptarse mejor en zonas no tradicionales, en donde los excesos o déficits hídricos son más probables, estos resultados pueden contribuir a mitigar el impacto del clima en estas zonas.

CONSIDERACIONES FINALES

- La metodología utilizada permitió obtener plantas normales de elevado potencial de rendimiento en grano.
- En promedio, el déficit hídrico durante 9

días en el encañado a partir de Z 31-32, provocó una reducción del rendimiento cercana al doble, de la generada por condiciones de exceso hídrico (27 vs. 13 %, respectivamente).

- Existió interacción significativa del cultivar por la condición de estrés hídrico para el rendimiento en grano. Los siete cultivares evaluados se podrían clasificar en forma preliminar en tres grupos de rango de bienestar hídrico: i.- amplio (Don Alberto y Atlax), ii.- estrecho (Carpintero, Churrinche y Biointa 1001), y iii.- sesgado hacia el exceso hídrico (Nogal y Baguette 11)

- Estos resultados preliminares corresponden a un primer año y especialmente debe hacerse la salvedad que son válidos para el largo del período bajo estrés ensayado y para el estado fenológico evaluado. El comportamiento de los cultivares puede variar si las condiciones de estrés se dan en otro momento, especialmente durante el llenado de grano, o si las condiciones de recuperación no son favorables.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial a los funcionarios de la unidad experimental de la EEMAC, y de los becarios Rocío Fernández y Andrés Baeten, que casi en forma honoraria se pusieron sobre los hombros el trabajo lo que permitió disponer de estos resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- COLLAKU, A.; HARRISON, S. A. 2002.** Losses in wheat due to waterlogging. *Crop Science*. 42: 444-450.
- DÍAZ, D. E. 2005.** Tolerancia a exceso hídrico: un nuevo objetivo para el programa de mejoramiento genético de cebada. In: *Jornadas de Cultivos de Invierno*. INIA. Uruguay. Abril 2005, pp 1-4.
- ERNST O.; GARIN, R.; GUIGOU, M. 1990.** El laboreo como manejo del exceso hídrico en trigo. In: *II Congreso Nacional de Trigo*. AIANBA, Pergamino, Pcia. Buenos Aires, Argentina.
- HOFFMAN, E.; ERSNT, O.; VIEGA, L.; BENÍTEZ, A.; OLIVO, N.; BORGHI, E. 2001.** Excesos hídricos en cultivos de invierno en Uruguay. a.-Efectos directos sobre el rendimiento y componentes b.- Efectos sobre la fusariosis de espiga. In: www.fagro.edu.uy/eemac/web.
- HOFFMAN, E.; MESA, P.; CADENAZZI, M. 2007.** Caracterización de cultivares de trigo Primer ciclo de Baguette 11, Baguette 13, Biointa 1002, Biointa 3000 y segundo ciclo de Biointa 1001. *Décima Jornada de la Mesa Nacional del trigo*. Mercedes.Uruguay. 2008.
- HOFFMAN, E.; VIEGA, L.; GLISON, N. 2008.** Evaluación del estrés hídrico durante el encañado, en distintos cultivares de cebada cervecera. Informe de Investigación presentado a la MNC. Mayo del 2008.
- SETTER, T. L.; WATERS. I. 2003.** Review of prospect for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. *Plant Soil*. 253: 1-34.
- TROUGHT, M. C. T.; DREW, M. C. 1982.** Effects of water logging on young wheat plants (*Triticum aestivum* L.) and on soil solutes at different temperatures. *Plant Soil* 69: 311-326.

[ir a sumario](#)