

BASES MORFO-FISIOLÓGICAS QUE JUSTIFICAN EL MANEJO DIFERENCIAL DE CULTIVARES DE TRIGO Y CEBADA EN URUGUAY

Esteban Hoffman, Luís Viega, Mónica Cadenazzi, Andrea Benítez, Victoria Gestido, Pablo Mesa, Rocío Fernández, Andrés Baeten y Nicolás Glison

UDELAR-Facultad de Agronomía- EEMAC. Ruta 3 km 363- Paysandú- Uruguay.
tato@fagro.edu.uy

Introducción

Uruguay, enclavado entre Brasil y Argentina, entre los 30 y 33° de latitud sur recostado al oeste sobre las márgenes del río Uruguay y al sur y sudoeste sobre el río de La Plata y el Océano Atlántico, posee tan sólo 600 km de largo de sur a norte. Sin embargo, existen grandes contrastes en cuanto a la aptitud agro-climática para cereales de invierno. Por su régimen de temperatura y precipitaciones, se pueden encontrar desde zonas continentales cálidas, no aptas, al extremo norte; continental templado al Centro y Litoral Oeste; mediterráneas, de gran aptitud, ubicadas al sur y litoral sur hasta una franja costera de clima marítimo sobre la costa atlántica al sudeste del país. Hace no más de 4 años, cerca del 90% del área de trigo y cebada se ubicaba en 4 departamentos del Litoral Oeste por la infraestructura existente y por la aptitud agrícola de los suelos. En esta faja de aproximadamente 350 km de largo, los cultivos de invierno pueden verse sometidos a contrastes térmicos tanto en invierno, en estadios iniciales del ciclo de los cultivos, como en la primavera, particularmente en la fase de llenado de grano. En el extremo norte de esta faja, la temperatura promedio de los meses de junio y julio se ubica en torno a los 12 °C, pero frecuentemente se presentan años con medias superiores en 1.5 a 2°C. La temperatura media de octubre y noviembre es de 18 a 20°C, siendo frecuente, en algunos años, días con más de 30°C (Ernst, 1990). En esta zona, la más cálida de esta franja agrícola, se ubica la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" perteneciente a la Facultad de Agronomía-UDELAR, siendo la unidad más al norte en la cual se genera actualmente información para trigo y cebada en Uruguay. Con más de 100 años de investigación, la estación experimental La Estanzuela (hoy perteneciente a INIA) por su ubicación en el departamento de Colonia concentró hasta fines de los años 80 la información en trigo y cebada, pero para condiciones térmicas menos extremas que las del Litoral Norte.

Todos los antecedentes tanto nacionales como internacionales son concluyentes en relación a que el período crítico de concreción del potencial de rendimiento en trigo se ubica en torno al encañado y 10 días posteriores a la floración (Fisher, 1985) y en cebada desde Zadoks 32-33 (Zadoks et al.,

1974) hasta Zadoks 65-70 (Hoffman et al., 2002b). Sin embargo, en ese tipo de análisis no se tiene en cuenta la fase inicial que abarca el período activo de macollaje y que se corresponde con la definición del potencial del rendimiento. Es por ello que cuando se analiza la información disponible acerca de la relación entre la curva de crecimiento y el potencial del rendimiento, la atención se centra nuevamente en el encañado e inicios de llenado de grano y no aparece como relevante la producción de biomasa en los estadios iniciales del ciclo de los cultivos de invierno. La información generada en Uruguay por la Facultad de Agronomía evidenció la necesidad de profundizar la caracterización del crecimiento en los estadios iniciales tanto en trigo (Hoffman y Ernst, 1990) como en cebada (Hoffman et al., 1994; Castro et al., 1994) como plataforma para el diseño de la mejor estrategia de crecimiento, particularmente para condiciones térmicas desfavorables.

Sobre la base que no siempre el cultivo que en fases iniciales del crecimiento se ve mejor, más parejo o más denso resulta ser el que rinde más, en la década de los noventa se comenzó el estudio de la relación

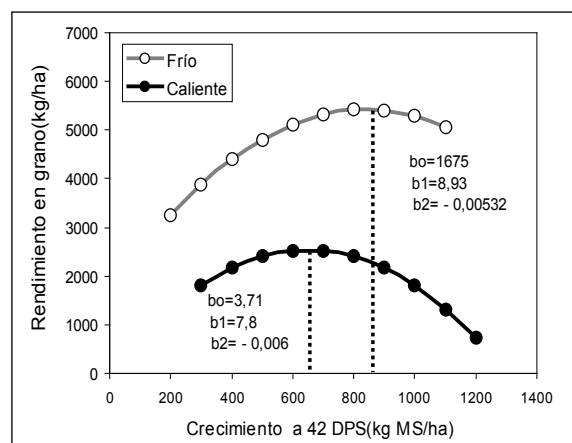


Figura 1. Relación entre el crecimiento inicial (42 días después de la siembra, DPS) y el rendimiento en grano de cebada cervecera, para dos condiciones térmicas contrastantes en la zona norte del Uruguay. La información corresponde al mismo cultivar – MN 599, caracterizado como de rápido crecimiento juvenil (Hoffman et al., 1991 y Hoffman et al., 1992b).

entre el crecimiento inicial del cultivo y el rendimiento final en cebada. La problemática fue abordada dentro del programa "Producción y Manejo de Cebada" de la Mesa Nacional de Entidades de Cebada (MNC) que comenzó a operar en Uruguay a principios de los noventa (Fig. 1).

Un mayor crecimiento temprano no se relacionaba con un mayor rendimiento en grano, sobre todo en años de temperaturas desfavorables (siempre y cuando el crecimiento más bajo no haya sido por niveles sub-óptimos de otros factores). Hoffman y Ernst (1990) y Hoffman et al. (1991), para trigo y cebada respectivamente, asociaron este comportamiento a la competencia temprana por luz. La falta de luz en tallos jóvenes en cebada se alcanzaría cuando el nivel de cobertura de suelo es muy temprano (Zadoks 22 – 23) con más de 900 a 1000 kg de MS ha⁻¹, sobre todo cuando por mayor temperatura, el área foliar (AF) por planta es elevado. Esta situación lleva a que los macollos más jóvenes muestren tasas de crecimiento menores, se retrasen en el tiempo en rela-

ción al tallo principal, comprometiendo su fertilidad, inclusive su sobrevivencia. Cuando las condiciones climáticas y de manejo durante el encañado y llenado de grano son favorables, y por tanto la tasa de crecimiento y concreción de potencial no se ven limitados, la construcción del potencial desde fases tempranas del ciclo condiciona el potencial final, sin cambios significativos en la producción total de biomasa a cosecha.

Desde principios de los años 90 eran abundantes las evidencias experimentales en cebada sobre los problemas de elevado crecimiento inicial para las condiciones de Uruguay en algunos años, sobre todo para la zona Litoral Norte. Esto llevó a proponer, para el cultivo de cebada, un programa de superación de defectos agronómicos y un esquema de ideotipo de crecimiento. Surgió así un mejor diagnóstico que permitió apuntar a mejorar el índice de partición en vez de superar la producción de biomasa total a cosecha. De tal forma que el típico crecimiento excesivo evidenciado en los cultivos de la década de los 80,

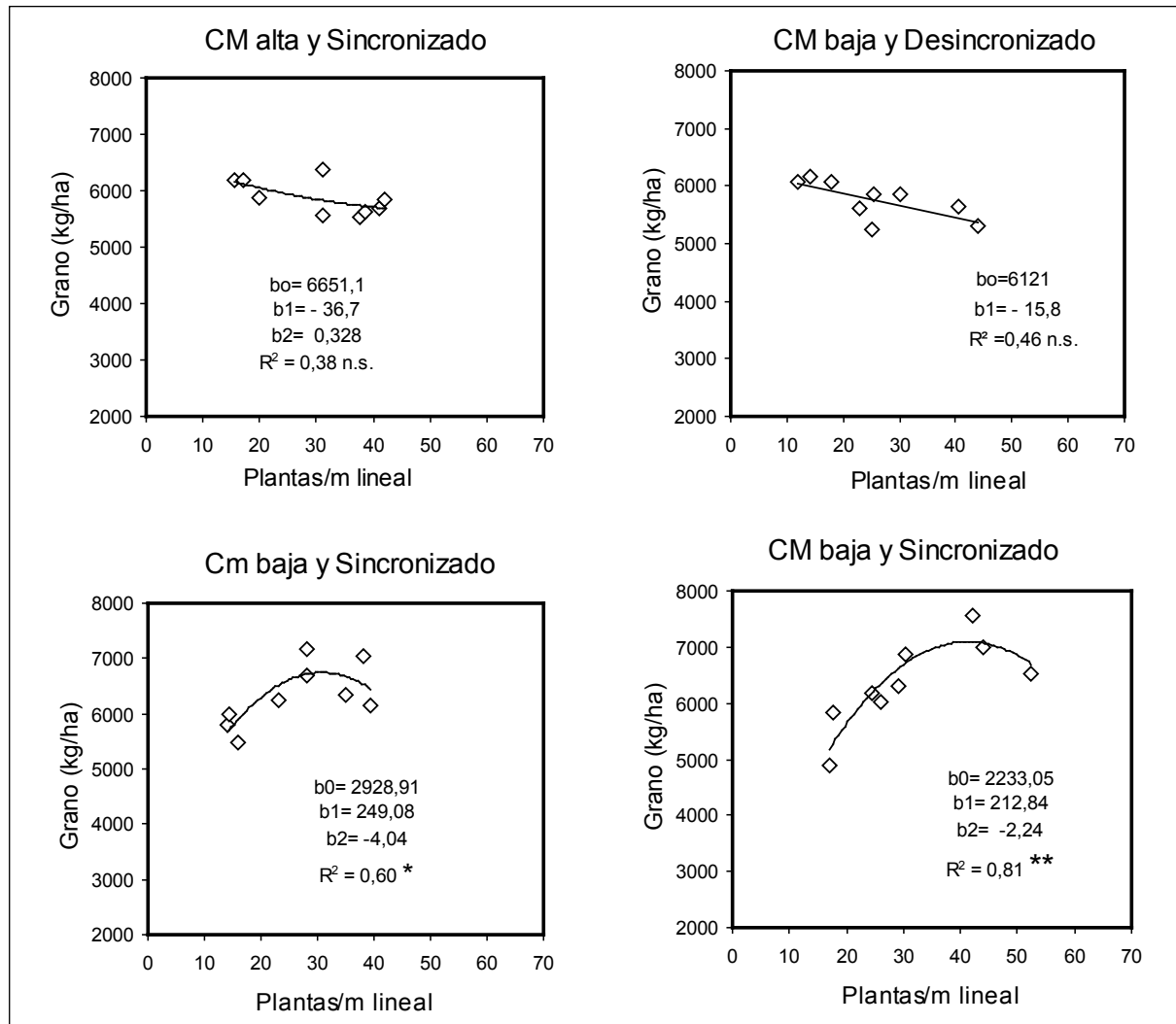


Figura 2. Respuesta a la densidad poblacional tanto para trigo como para cebada en función de características contrastantes de capacidad de macollaje (CM) y sincronización del macollaje. Los experimentos de respuesta a la densidad poblacional fueron conducidos a 15 cm de distancia entre hileras (Hoffman et al., 2009).

tanto en cebada como en trigo, fue disminuido en primera instancia por un adelantamiento de la fecha de siembra, la reducción de las densidades mayores a 300 pl m⁻², el ajuste objetivo del N y la reducción del laboreo.

Se llevaron a cabo una serie importante de trabajos tendientes a conocer y profundizar en las variables que regulan y modulan el crecimiento y la dinámica temprana del macollaje bajo las condiciones agroecológicas del Litoral Norte y que en primera instancia permitieron bajar las densidades de siembra e iniciar un programa de generación de información para cada cultivar (Hoffman 2002). De allí surgió la información que primero evidenció las grandes diferencias en respuesta a la densidad poblacional entre cultivares y luego las bases fisiológicas que posibilitaron su entendimiento.

Del programa de caracterización de cultivares de trigo y cebada, además de la información específica generada para cada cultivar durante estos años, se podría describir y caracterizar los tipos más frecuentes de respuesta a la densidad poblacional. Las diferencias entre los tipos de respuesta se pueden resumir por la capacidad de macollaje (CM) y la sincronización del macollaje (diferencia entre la tasa de emisión de hojas y/o crecimiento del tallo principal y el macollo dos -T₂) (Hoffman et al., 2007).

Nada novedoso sería proponer evitar densidades elevadas en cultivares de elevado macollaje, aún cuando éstos no sean muy sincronizados. Sin embargo, en base a la información generada en estos años, también habría que reducir la densidad en cultivares de baja capacidad de macollaje, si este se inicia tardíamente y es desincronizado. Cultivares sin problemas de sincronización y CM media, en general arrojan un óptimo poblacional que tiende a situarse en torno a las 35 pl m⁻¹. Si bien han sido muy poco frecuentes, los cultivares de planta chica, macollaje medio a bajo, inicio de macollaje muy

temprano y sincronizado podrían ser los únicos que respondan al aumento de la densidad hasta las 40 a 45 pl m⁻¹, como el caso de INIA Mirlo. Del total de cultivares caracterizados tanto en trigo como en cebada (28 y 34, respectivamente), solo el 11 y 18 % de ellos han presentado un rango de densidad con un límite superior cercano a las 40 y 45 pl m⁻¹, respectivamente.

¿Que otros factores inciden en la respuesta a la densidad poblacional para las condiciones agroecológicas de Uruguay?

En estos años de trabajo, con idéntico protocolo experimental y sin efecto de enfermedades (dado que los experimentos se mantienen libres de enfermedades desde temprano con fungicidas) ni limitantes en cuanto a manejo de nutrientes u otros factores, no solo variaron año a año la temperatura en la fase de macollaje, sino también las condiciones hídricas durante el período crítico. En la Fig. 3 se presenta la respuesta a la densidad poblacional de todos los cultivares de trigo evaluados en 7 años con condiciones hídricas contrastantes durante el encañado y llenado de grano.

Hubo una fuerte tendencia a que tanto el rendimiento promedio como la respuesta a la densidad poblacional interaccionaran con la condición hídrica durante el encañado y llenado de granos. La respuesta a la densidad poblacional cesó a densidades poblacionales relativamente bajas y disminuyó sensiblemente cuando éstas superaron las 30-35 pl m⁻¹ en años con estrés hídrico durante la fase de concreción del potencial, ya sea por déficit (1999 y 2003) o por exceso hídrico (2007). En años con un nivel térmico e hídrico óptimos como el año 2000, el rendimiento fue muy elevado para un amplio rango de densidades poblacionales. En una situación de agua disponible intermedia (años 2004, 2006 y 2008), con dismi-

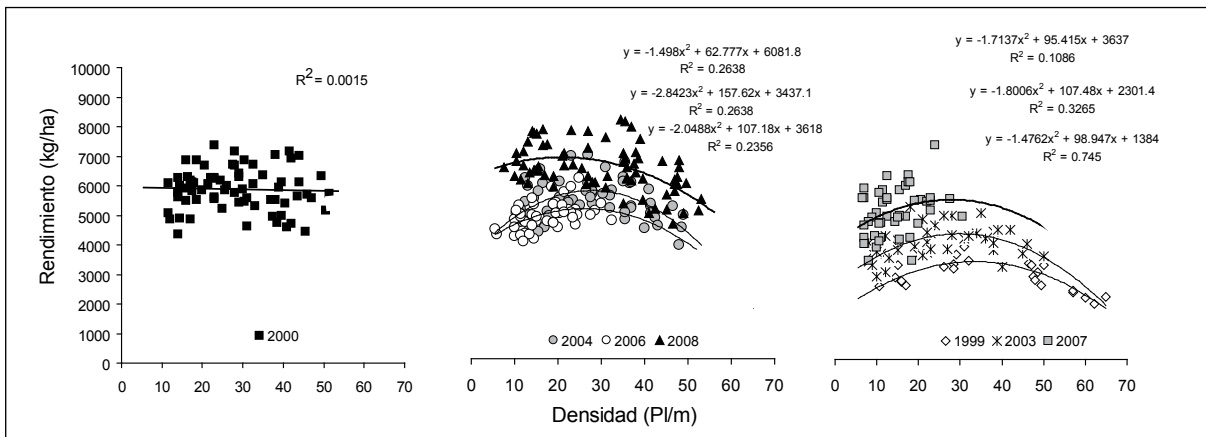


Figura 3. Rendimiento en grano en respuesta a la densidad poblacional de distintos cultivares de trigo en función de condiciones hídricas del año, estimada en base al agua disponible aparente a partir de Z 30. Agua disponible aparente (ADAp^{>30}), como la suma del agua disponible en suelo a Z 30, más las precipitaciones durante el encañado y llenado de grano. Año 2000 = 434 mm, años 2004, 2006 y 2008 = 333, 292 y 297 mm, respectivamente y años 1999, 2003 y 2007 = 222, 228 y 504 mm, respectivamente.

nución de las precipitaciones hacia el final del ciclo de cultivo, los rendimientos fueron elevados pero dependientes de la densidad poblacional (disminuyeron por encima de las 40 pl m⁻¹). Si Uruguay pudiese asegurar disponibilidad de recursos similares a los del año 2000, las poblaciones de 45-50 pl m⁻¹ no deprimirían el rendimiento en grano. Pero como el riesgo de años como 1999, 2003 o 2007 no es predecible, 35 pl m⁻¹ sería la referencia de manejo en promedio más segura para nuestra región agrícola. La respuesta de la cebada a las distintas densidades poblacionales bajo regimenes hídricos contrastantes es similar a la del trigo, aunque las caídas de potencial en cebada son mayores en años húmedos, dada su mayor susceptibilidad al exceso de agua durante el período crítico (Fig. 4). Frente a las mismas condiciones de manejo, para el

mismo material genético en trigo y cebada, podemos analizar cuánto condicionó la situación hídrica durante el encañado y llenado de grano, a la posibilidad de concretar elevados potenciales de rendimiento en grano. Mientras la cebada evidenció una mayor susceptibilidad al exceso hídrico, el trigo lo fue al déficit. La caída de potencial del trigo frente al déficit hídrico se situó en torno a los 16 kg de grano mm⁻¹ y cuando fue sometido a condiciones de exceso hídrico, el potencial se redujo en 11 kg de grano mm⁻¹. La cebada, en cambio, con un óptimo más bajo, redujo el rendimiento en 22 kg grano mm⁻¹ y 14 kg de grano mm⁻¹, frente al exceso y déficit hídricos, respectivamente. En trigo, estos resultados son bastante coincidentes con los reportados por Fontanetto et al. (2009) en cuanto a la reducción de rendimiento frente al déficit hídrico. En regiones o zafras en las cuales casi no

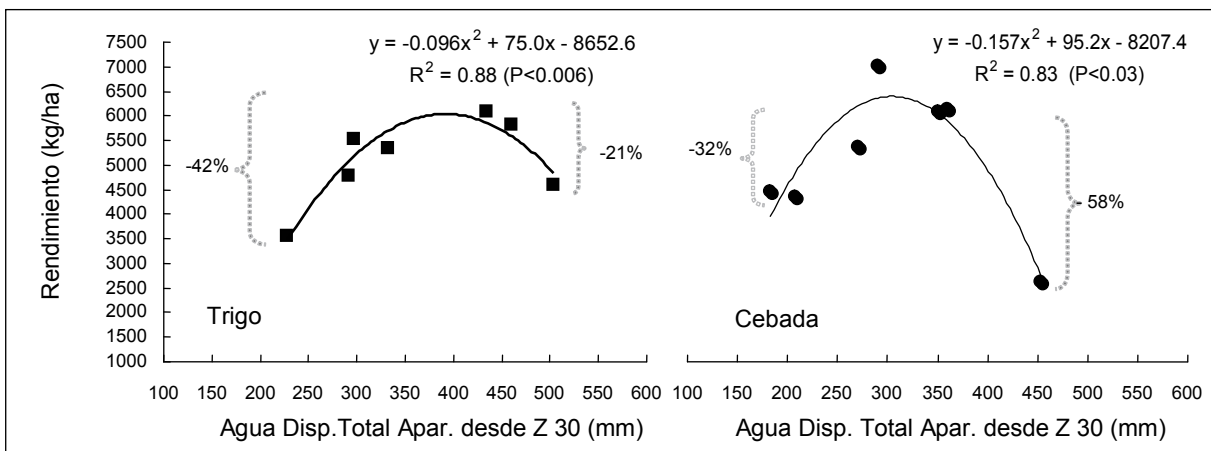


Figura 4. Relación entre el agua disponible aparente total a partir de Zadoks 30 ($ADAp^{>30}$) y el rendimiento en grano para trigo y cebada con igual manejo y libre de enfermedades. Los cultivares son los testigos de los experimentos de campo (INIA Churrinche e INIA Tijereta en trigo y Estanzuela Quebracho y FNC 6-1, en cebada) (Hoffman et al., 2009; Hoffman y Baeten, 2009).

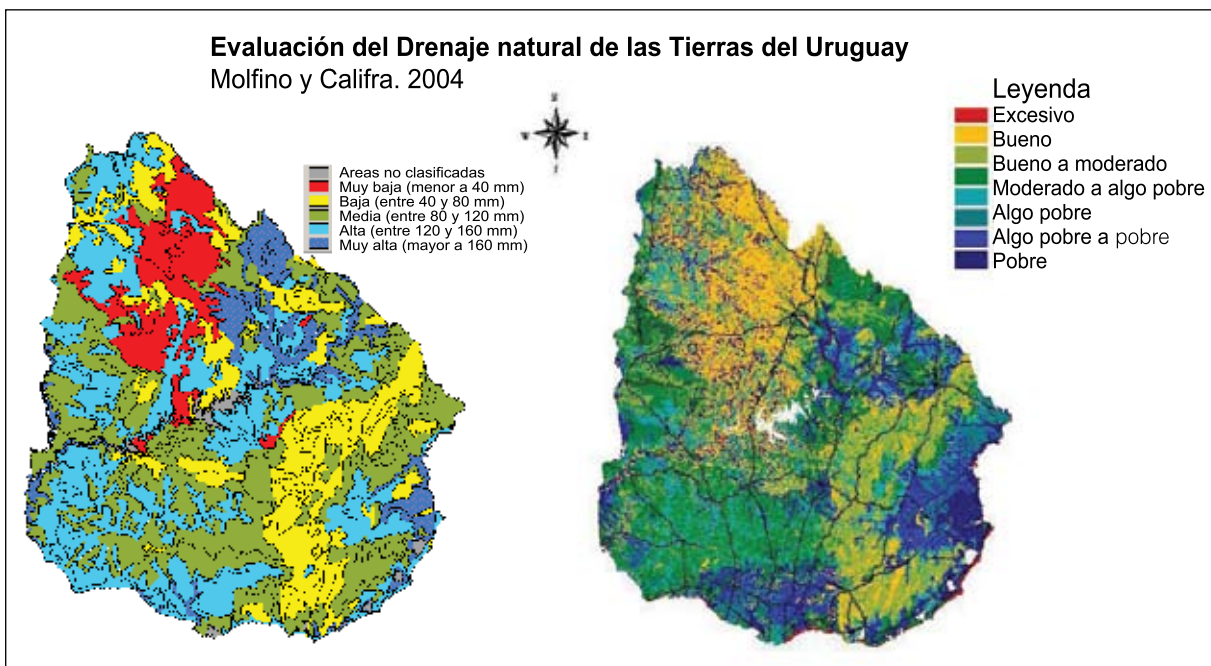


Figura 5. Capacidad de almacenaje y drenaje de los suelos del Uruguay (Molfino y Califra, 2004 a y b).

llueve en el invierno, la diferencia la establecen las reservas de agua en suelo. Una disponibilidad total cercana a los 280 - 300 mm durante el ciclo (de los cuales 150 mm fueron la reserva de agua en suelo) fue suficiente para concertar 4500 kg de grano ha⁻¹. Cuando la reserva de agua en el suelo a la siembra se ubicó en la mitad, los rendimientos cayeron a 3000 kg ha⁻¹.

El conocimiento de un cultivar puede aportar a bajar los riesgos climáticos y al desafío de la agricultura por ambientes.

Frente al escenario de expansión agrícola y al desarrollo de las nuevas zonas agrícolas en Uruguay, la incorporación de las diferencias en respuesta al agua entre cultivos y la respuesta varietal diferencial al estrés hídrico (EH) de los cultivares en uso, debería ser un componente relevante de la planificación y estrategia de siembra en distintas regiones. Es claro que cuanto más información tengamos de un cultivar, más herramientas tendremos para ajustar su manejo en ambientes que, por tipo de suelo y régimen de precipitaciones, difieran marcadamente al riesgo de EH. Si los distintos cultivares difieren en su rango de bienestar hídrico, estas diferencias deben ser conocidas para ser consideradas dentro de un programa mejorado de manejo.

A partir del año 2006, la Facultad de Agronomía plantea a la Mesa Nacional de la Cebada (MNC) y la Mesa Nacional del Trigo (MNT) un programa de trabajo tendiente a estudiar en forma preliminar el comportamiento de distintos cultivares de trigo y cebada frente a condiciones hídricas extremas durante la primera fase del período de concreción de potencial (encañado). En 2007, este programa de trabajo contó con la financiación de la MNC y en 2008 con el aporte de MOSA y la MNC. En 2009 se concreta el apoyo del sector productivo (El Tejar, ADP, Nidera, Del Carmen ACISA, Surco Seguros y AUSID), lo que permitirá seguir avanzando en la caracterización del rango diferencial de bienestar hídrico entre cultivares tanto de trigo como cebada.

Desde el punto de vista térmico, en Uruguay los suelos difieren marcadamente en cuanto al riesgo de exceso (Eh) o déficit hídrico (Dh), riesgos que son en algunos casos incrementados por el régimen de precipitaciones. En la Fig. 5 se pueden observar las diferencias de dos de los componentes básicos asociados al Dh y Eh.

Uruguay posee un régimen de precipitaciones que varía entre los 1000 y 1200 mm (con muy elevada variabilidad entre años) y, en términos relativos, en invierno llueve muchas veces por encima de las necesidades de los cultivos (Burgos y Corsi, 1971). Una mirada rápida a la Fig. 5 puede ayudar a entender rápidamente: i.- las diferencias que pueden existir en la aptitud agrícola de los suelos en Uruguay ii.- por

qué Uruguay es un país con ventajas relativas en producción de cultivos de invierno (al menos en la zona Litoral Oeste, para la cual disponemos de abundante información) si nos comparamos con Brasil y Argentina, iii.- por qué podemos pasar de una situación de Eh a Dh de un año a otro, o entre zonas.

En este sentido, si los cultivares de trigo y cebada presentan rangos de bienestar hídrico contrastantes, deben en primer lugar conocerse para poder ser considerados en planes de siembra por ambientes con distinto riesgo hídrico. Los trabajos realizados en cultivares de cebada hasta la fecha evidencian un comportamiento diferencial al estatus hídrico del suelo (Hoffman et al.; 2008) (Fig. 6 a y b).

Tomando como referencia el comportamiento del cultivar al riesgo de Eh o Dh, las precipitaciones promedio para las distintas zonas y los tipos de suelo, parece bastante razonable que quienes tengan que sembrar en Durazno o Rocha, en relación a quienes siembren en el Litoral Oeste, deberían plantearse si pueden o no sembrar cebada y luego qué cultivares deberían integrar al plan de siembra. La información preliminar generada en el año 2007 (Fig. 6) muestra que existen variedades que difieren drásticamente en su comportamiento frente a condiciones hídricas contrastantes durante el encañado. Esta información coincide ampliamente con la generada a nivel mundial y compilada por Setter y Waters (2002). En base a estos resultados, a partir del año 2008 se completa el programa de trabajo tendiente a conocer el comportamiento frente a condiciones hídricas contrastantes, no solo para cultivares de cebada, sino también para distintos cultivares de trigo.

El trabajo se desarrolla en telados abiertos (para no alterar drásticamente la temperatura), en tubos de 40 cm de profundidad, con plantas nacidas el mismo día, al mismo nivel de competencia entre plantas, equivalente a 200 pl m⁻², y cantidad de suelo. Los tratamientos de EH, tanto por Dh como Eh, se instalan durante el encañado, a partir de Zadoks 32-33 y se mantienen por 10 días. Luego se reinstalan las condiciones hídricas similares a las del control, el cual se mantiene hidratado por la base de los tubos, equivalente a una napa ubicada a 40 cm de profundidad. El período del ciclo seleccionado considera (frente a la ausencia de información local) la búsqueda de diferencias durante el período de cultivo más sensible (Fischer, 1985; Setter y Waters, 2002; Hoffman et al., 2002b), considerando además que esta es la fase del ciclo en donde se pueden esperar mayores diferencias entre cultivares (Gardner y Flood, 1993). El período de estrés de 10 días fue seleccionado en base a las sugerencias de Setter y Beldfor (1990), en cuanto a que hasta los 10 días de anegamiento, los cambios en el suelo son básicamente a nivel de concentración de gases, sin alteraciones profundas en el potencial redox, dinámica del P, S y micronutrientes

y se puede alcanzar rápidamente un agotamiento del agua disponible para el tratamiento de Dh. La respuesta vegetal con esta metodología considera que es altamente probable que en Uruguay puedan ocurrir períodos cortos de alrededor de 10 días tanto de Dh como de Eh en esta fase de los cultivos. La caracterización incluye no sólo la tolerancia durante el período de estrés, sino también las diferencias en capacidad de recuperación (CR) y por tanto la respuesta final del cultivar a la situación de estrés. En la Fig. 7, se presente un diagrama completo de las fases involucradas en la respuesta al EH. El potencial de un cultivar puede disminuir sensiblemente, no sólo porque se presenta como muy susceptible al Dh o Eh durante el periodo de estrés, sino también porque presente una baja capacidad de recuperación pos-estrés cuando las condiciones hídricas se restablecen. El mejor comportamiento de un cultivar será el que combina baja susceptibilidad o elevada tolerancia al estrés (en la etapa 1) y alta CR en la etapa 2.

En base a esta primera información de dos años, para el cultivo de cebada en Uruguay (considerando que el nivel de repetibilidad fue de 83 % entre años), podemos decir que muchos de los cultivares sembrados o a sembrarse no son iguales frente a condiciones de estrés por exceso o déficit durante el encañado. Esto haría viable el desarrollo de estrategias de siembra que consideren a los cultivares, no solo por su potencial, calidad de grano, comportamiento sanitario, o adaptación diferencial a condiciones térmicas contrastantes, sino también por su comportamiento frente al estrés hídrico. En la siguiente figura se presenta el comportamiento de los distintos cultivares de cebada cervecera evaluados durante el 2007 y 2008.

Entre 2007 y 2008, se cambió el cultivar de cebada FNC 6-1 (testigo del programa de caracterización) porque hoy ya no es sembrado en Uruguay. El mismo fue reemplazado por el cultivar Norteña Carumbé, conocido por sus problemas de susceptibilidad al anegamiento observados a nivel de chacra durante el año 2007. Este comportamiento puede verse ratificado en la Fig. 8, así como el comportamiento observado en el año 2007 para cultivares extremos como INIA Aromo e INIA Arrayán. En general, también puede apreciarse que los problemas de la mayor parte de los cultivares de cebada están asociados al exceso de agua. Estos resultados coinciden con la extensa revisión realizada por Setter y Waters (2002), de la cual también se puede extraer que en trigo, el Dh genera mayores caídas de potencial que el Eh.

En el año 2008 comenzó la evaluación de 7 cultivares de trigo. Dos de los cultivares más sembrados en Uruguay, Baguette 11 y Biointa 1001 (que surgen de un relevamiento realizado a informantes calificados en 140000 ha de trigo, previsto para la selección de cultivares a evaluar a inicio del 2008) y dos nuevos

cultivares de INIA que comienzan a instalarse en los planes de siembra en Uruguay (INIA Don Alberto e INIA Carpintero). Los restantes cultivares fueron INIA Churrinche (testigo del programa de caracterización de cultivares de la Facultad de Agronomía) y dos nuevos cultivares de muy elevado potencial y de ciclos contrastes, Atlax y Nogal (medio corto y medio largo, respectivamente) (Figura 9).

Si bien no son estrictamente comparables los resultados obtenidos en trigo y cebada (aunque fueron experimentos instalados el mismo día, en iguales condiciones e igual metodología), para el trigo se redujo el potencial en 13 y 23 % frente al Eh y Dh, respectivamente. La cebada evidenció una disminución del potencial de rendimiento proporcionalmente mayor frente al Eh en relación al Dh, 31 y 19 %, respectivamente.

Para los 7 cultivares de trigo estudiados en el primer año (2008), la interacción cultivar por condición hídrica resultó ser significativa ($P < 0,03$), permitiendo separar tres comportamientos contrastantes. Dos cultivares con un rango de bienestar hídrico estrecho (INIA Churrinche e INIA Carpintero), dos cultivares con un rango de bienestar hídrico amplio (INIA Don Alberto y Atlax) y tres cultivares con sesgo hacia condiciones de Eh (Biointa 1001, Baguette 11 y Nogal).

Las diferencias de comportamiento frente a condiciones hídricas contrastantes aumentan las evidencias que el manejo indiferenciado del cultivar nos lleva a desajustes que serán mas o menos evidentes según las condiciones ambientales del año o región.

Consideraciones finales

Para las condiciones de producción de trigo y cebada en Uruguay, hay suficientes evidencias que 35 pl m^{-1} es la densidad poblacional que produce los mejores rindes, en particular cuando nos ubicamos en la zona Litoral Norte. Las ventajas son mayores en años con mayor temperatura invernal y cuando los cultivos son sometidos a condiciones de estrés hídrico durante la fase de concreción de potencial. Sin embargo, los rangos de densidad deben ser ajustados para cada cultivar.

Condiciones de estrés hídrico posteriores a Zadoks 32 condicionan fuertemente las posibilidades de alcanzar elevados potenciales de producción. Más allá de las diferencias en cuanto a la respuesta al Dh o Eh entre trigo y cebada, la información recientemente generada en Uruguay muestra que éstas deben ser analizadas para cada cultivar. Poder conocer de antemano el comportamiento de un cultivar a condiciones de Eh o Dh brindaría elementos claves de ajuste en la planificación de siembra por regiones, y en los programas actuales de agricultura por ambientes.

Bibliografía

Burgos J.J. y W.W. Corsi. 1971. Áreas climáticas para el trigo y características bioclimáticas de sus cultivares en Uruguay. CIAAB. EELE. Boletín Técnico 12: 32 p.

Castro A., E. Hoffman y O. Ernst. 1994. Potencial de producción de cebada cervecera. Potencial nacional y limitantes para su superación. Cangüé 1:18-21.

Ernst O. 1990. Efecto de las condiciones climáticas sobre el potencial de producción del trigo. En: Trigo. Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales. EEMAC. Facultad de Agronomía. Tomo 1: 35-46

Ernst O. y E. Hoffman. 1991. Análisis comparativo de crecimiento de trigo y cebada y sus efectos en la determinación del rendimiento. En: II Reunión Nacional de Investigadores en cebada cervecera. Colonia. Uruguay.

1991. 138-142 p.

Fisher R.A. 1985. Number of kernels en wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. Cambridge. 105: 255-267

Fontanetto H., O. Keller, J. Albrecht, P. Rufino, J. Borsarelli, M. Sillon, L. Belotti, C. Negro y D. Giailevra. 2009. La importancia del agua edáfica a la siembra como estimador de los rendimientos del trigo en el área central de Santa Fe. Informaciones Agronómicas IPNI. 41:9-10.

Gardner W.K. y R.G. Flood. 1993. Less waterlogging damage with long season wheats. Cereal Res. Comm. 21:337-343

Hoffman E. 2002. Caracterización de cultivares de trigo y cebada. Una herramienta para la toma de decisión en trigo y cebada. Seminario Técnico. EEMAC, Facultad de Agronomía- Paysandú. Versión CDRom.

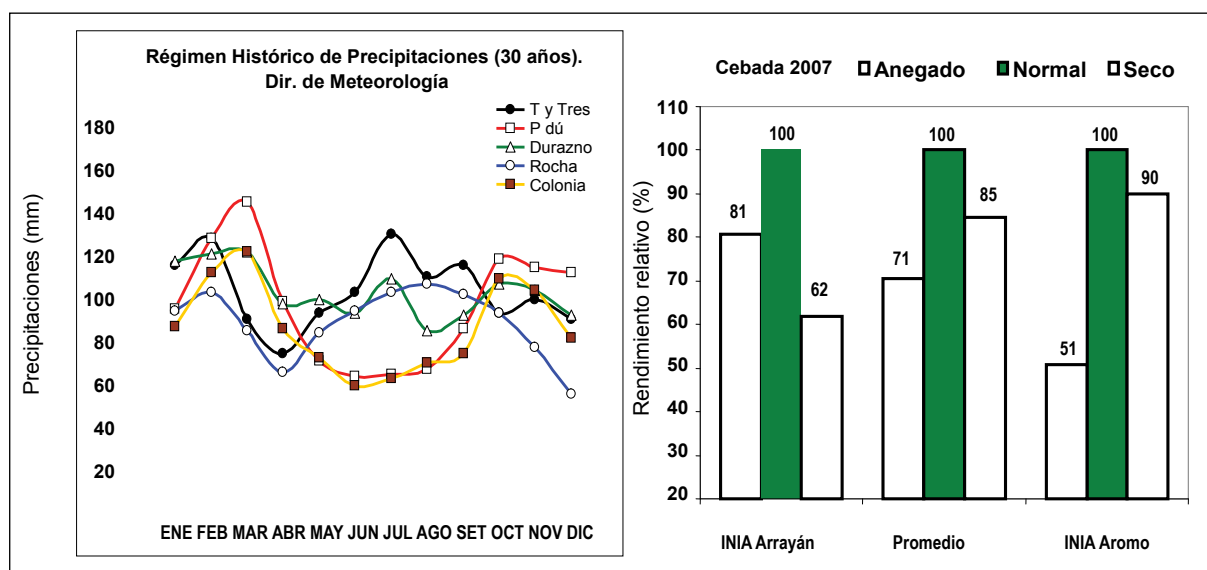


Figura 6. Precipitaciones para distintos departamentos como referencias de diferentes zonas agroecológicas del Uruguay. A: Trabajo MGAP – Agencia Española de cooperación internacional – INIA –FAGRO, Copagran, Empresas de seguros, 2006. B: Cambio relativo de potencial en cebada (libre de enfermedades) para un promedio de 8 cultivares y dos cultivares de comportamiento opuesto frente al estrés hídrico (Hoffman et al., 2008).

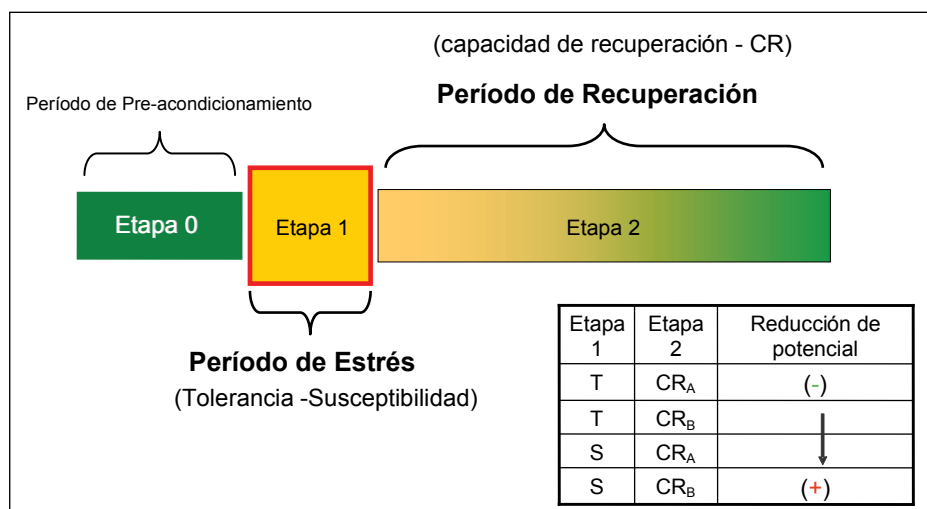


Figura 7. Diagrama de las etapas relacionadas con la respuesta vegetal al estrés hídrico de un cultivar, durante 10 días a partir de Zadoks 32-33. (Proyecto: Susceptibilidad varietal al estrés hídrico – Facultad de Agronomía).

Hoffman E. y O. Ernst. 1990. Efecto de la competencia por luz, sobre el rendimiento en trigo. En II. Congreso Nacional en trigo (AIAMBA). Pergamino Argentina.

Hoffman E. y O. Ernst. 2000. Densidad de siembra en trigo ¿Qué pasa con la siembra en banda? Cangüé 17:4-8.

Hoffman E., O. Ernst y M. Martin. 1991. Efecto de la defoliación sobre el rendimiento en grano y calidad industrial de cebada cervecera. En: 2ª Reunión nacional de investigadores de cebada. Colonia. Uruguay.

Hoffman E., O. Ernst, D. Brassetti, A. Espasandín y G. Siri. 1992a. Respuesta de dos variedades de cebada cervecera al espacio disponible por planta. En: III Reunión nacional de investigadores de cebada. Minas. Uruguay.

Hoffman E. O. Ernst, D. Brassetti, G. Siri y A. Espasandín. 1992b. Modificación por manejo de la curva de crecimiento, su influencia sobre rendimiento, componentes y calidad industrial de cebada cervecera. En: III Reunión nacional de investigadores de cebada. Minas. Uruguay.

Hoffman E., G. Siri y O. Ernst. 1994. Posibilidades de predecir el comportamiento de los nuevos cultivares en función de la caracterización de su crecimiento inicial en condiciones de invernáculo. En: V. Reunión de Investigadores de cebada cervecera, Colonia.

Hoffman E., E. Borghi, A. Castro, N. Olivo, S. Gonzales y L. Viega. 2002b. Definición y concreción del potencial de rendimiento de cebada cervecera en ambientes sin limitantes hídricas y de nitrógeno en primavera. En: Reunión Latinoamericana de Fisiología Vegetal - Congreso Uruguayo de Fisiología Vegetal. Punta del Este. Uruguay.

Hoffman E., A. Castro, A. Benítez y M. Cadenazzi. 2007. Sincronización del macollaje y su relación con el número de espigas y rendimiento para distintos cultivares

de cebada cervecera en Uruguay. En: Reunión de Investigadores de Cebada cervecera, Paysandú.

Hoffman E., L. Viega, N. Glison, P. Mesa, R. Fernandez y M. Cadenazzi. 2008. Evaluación del estrés hídrico durante el encañado, en distintos cultivares de cebada cervecera. 2007. Informe técnico a Mesa Nacional de la Cebada. 6p.

Hoffman E., R. Fernandez, A. Baeten y M. Cadenazzi. 2009. Caracterización de cultivares de trigo. Segundo año. Biointa 1002, Biointa 3000, Baguette 11 y Baguette 13, Primer año. Nogal, Baguette 9, Baguette 19, Atlax y Centauro. En: XI Jornada de la Mesa Nacional de Trigo (MNT). Mercedes. 27p.

Hoffman E. y A. Baeten. 2009. Caracterización de cultivares de cebada cervecera. Segundo ciclo de: MOSA 59531 y Madi (Ac 92). Primer ciclo de: Ambev 4, Ambev 31 y Ambev 82 In. Informe técnico a Malterías. 20 p.

Molfino J.H. y A. Califra. 2004a. Evaluación del drenaje natural de las tierras del Uruguay (Primera aproximación). Departamento Estudios Básicos de Suelos y Evaluación de Tierras DSA/RENARE/MGAP.

Molfino J.H. y A. Califra. 2004b. Evaluación del almacenaje natural de las tierras del Uruguay (Primera aproximación). Departamento Estudios Básicos de Suelos y Evaluación de Tierras DSA/RENARE/MGAP.

Setter T.L. y R. Belford. 1990. Waterlogging- how it reduces plant growth and how plants can overcome its effects. Journal of Agriculture-Western Australia 31:51-55

Setter T.L. e I. Waters. 2002 Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. Plant and Soil 253:1-34

Zadoks J.C., T.T. Chang y C.F. 1974. A decimal for the growth stage of Cereals. Weed Res. 14: 415-421. ■

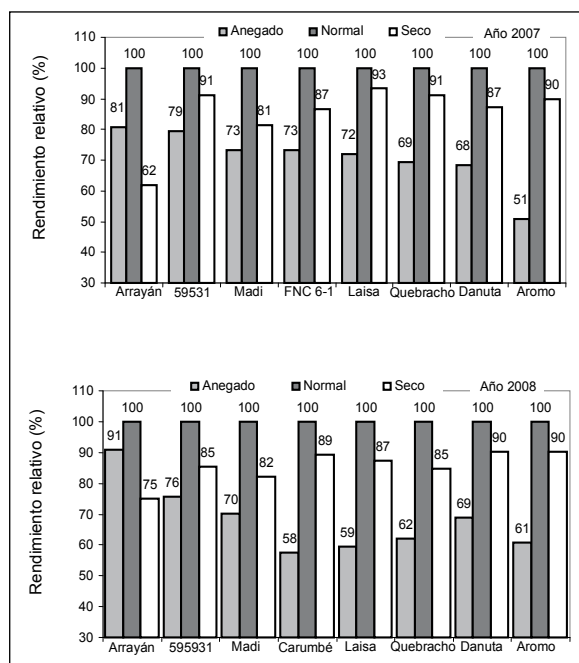


Figura 8. Rendimiento relativo por planta para distintos cultivares de cebada cervecera bajo condiciones de estrés hídrico contrastantes durante el encañado en los años 2007 y 2008 (Proyecto: Susceptibilidad varietal al estrés hídrico. Facultad de Agronomía).

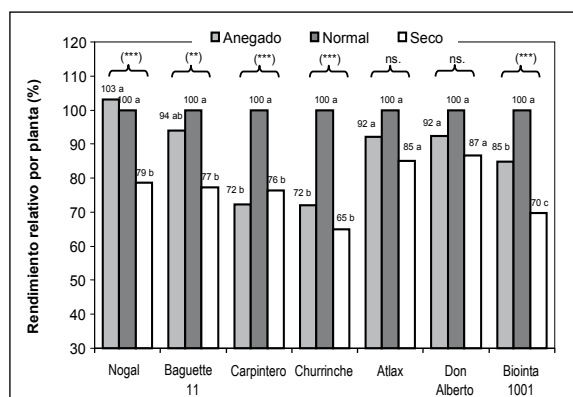


Figura 9. Rendimiento relativo por planta para distintos cultivares de trigo, en el año 2008. (Proyecto: Susceptibilidad varietal al estrés hídrico. Facultad de Agronomía).