

**AGRONEGOCIOS DEL PLATA  
JORNADAS DE CAPACITACION  
Marzo de 2009**

**¿Podemos reducir los impactos de la sequía en el cultivo de soja?**

**Ing. Agr. Dra. Adriana G. Kantolic**  
**Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires**

La campaña 2008/2009 nos ha enfrentado a una de las más importantes sequías de los últimos años. Frente a fenómenos de tal magnitud, es poco lo que la agronomía puede ofrecer para minimizar el impacto que la sequía tendrá sobre los rendimientos de soja. Sin embargo, es oportuno revisar algunos conceptos de la economía del agua del cultivo para poder cuantificar la magnitud de las pérdidas presentes y reflexionar cuánto es posible prepararnos para enfrentar futuros fenómenos de (esperemos) menor magnitud.

**Requerimientos de agua del cultivo de soja**

Es un axioma que “las plantas para crecer necesitan agua”. Pero: ¿cuánta agua necesita un cultivo de soja? Diversas fuentes bibliográficas pueden citar valores entre 300 y 600 mm para un cultivo de soja. Este consumo depende de la demanda atmosférica y de la oferta de agua del suelo que, en conjunto con las características del cultivo, definen la absorción de agua y la tasa transpiratoria. En la mayor parte de los ambientes de producción, en los que el agua es limitante, el rendimiento del cultivo (R) está directamente relacionado con el agua que el cultivo transpira durante su ciclo (T), mediante la siguiente relación:

$$R = T \times \text{EUA} \times \text{IC}$$

donde EUA representa la eficiencia en el uso de agua, es decir, cuánto crece cultivo por unidad de agua consumida, e IC es el índice de cosecha del cultivo. Este índice, que representa la relación entre el rendimiento y la biomasa aérea, puede tomar un valor variable, que usualmente se encuentra entre 0.30 y 0.45. El índice de cosecha varía, principalmente, asociado a las condiciones de crecimiento que ocurran durante los períodos de fructificación y llenado de granos.

Generalmente, en la escala de cultivo, el consumo del cultivo se caracteriza por la evapotranspiración (ET). Esta medida, además del flujo transpiratorio, incluye la evaporación de agua directamente desde el suelo. Sobre esta base, se han estimado valores de EUA para el cultivo de soja entre 3 y 9 kg de rendimiento por cada mm de agua evapotranspirada por el cultivo. Esto significa que para producir una soja de 4000 kg/ha pueden requerirse poco más de 400 mm, o puede no alcanzar con 1000 mm. De la misma manera, con 500 mm de ET puede lograrse un rendimiento de 2000 o de 4500 kg/ha. Parte de las diferencias en EUA están asociadas al sitio de producción (en áreas frescas y húmedas la EUA tiende a ser mayor que en áreas cálidas y secas). Pero otra parte importante de esta variación está asociada a prácticas de manejo, como la fecha de siembra, el sistema de labranzas, la disposición espacial de las plantas y otros factores que regulan el crecimiento del cultivo.

El crecimiento del cultivo no es igualmente importante en todo el ciclo y existe un período (aproximadamente R3-R6) durante el cual el crecimiento está positivamente relacionado con el rendimiento. Por lo tanto, de poco sirve cubrir los requerimientos totales del cultivo si la mayor parte de la oferta se encuentra antes o después de ese período. Más aun, cultivos que tienen una oferta de agua total elevada, pero con una distribución despereja, muchas veces obtienen menores rendimientos que otros con menores aportes de agua, pero mejor distribuidos. Por ejemplo, elevadas lluvias durante el período vegetativo temprano generan elevadas pérdidas por evaporación y se desarrollan, luego, canopeos cerrados desde etapas muy tempranas; esta situación aumenta el consumo de agua en etapas previas al período crítico, acelerando el desarrollo de la sequía en caso de que cesen las precipitaciones luego de floración. Asimismo, el aporte tardío de agua, cuando el número de granos (y, por lo tanto, el nivel de rendimiento) ya ha sido fijado, la ocurrencia de elevadas precipitaciones muchas veces favorece el desarrollo de enfermedades de fin de ciclo o condiciones de anegamiento, en lugar de promover la recuperación del cultivo.

### **Efectos de la sequía sobre el cultivo de soja**

Las deficiencias de agua reducen el rendimiento del cultivo porque:

- a) Limitan la expansión de hojas y reducen el crecimiento de las ramificaciones: esto reduce el IAF, comprometiendo la captura de radiación y el crecimiento posterior del cultivo, aun cuando la sequía se haya aliviado
- b) Aumentan la reflexión de la radiación: al entrar en deficiencia, las hojas se marchitan y la cara abaxial de las hojas, más clara, queda mayormente expuesta al sol, reduciendo la radiación capturada para la fotosíntesis
- c) Producen el cierre estomático: disminuye la fotosíntesis y, además, al reducir la disipación de calor por transpiración, se produce el calentamiento del canopeo; como consecuencia, impacta negativamente en el crecimiento de las plantas y en la fijación de órganos reproductivos
- d) Aumentan la resistencia del suelo a la penetración de las raíces, limitando la exploración de nuevas capas de suelo que puedan tener mayor contenido de agua
- e) Limitan la fijación de nitrógeno, acelerando la mortandad de los nódulos
- f) Limitan la absorción de nutrientes
- g) Aumentan la senescencia foliar
- h) Aumentan el aborto de flores, vainas y granos
- i) Reducen el crecimiento de los granos

El tipo de daño y la magnitud de los efectos de la sequía varían según la etapa en la que se producen. Una sequía previa a floración reduce el crecimiento en general, pero sólo impacta sobre el rendimiento cuando: i) reduce el stand de plantas, ii) impide que se logre el cierre del canopeo poco después de floración, iii) produce una irreversible mortandad de nódulos. Luego de floración, sin embargo, los efectos de la falta de agua son generalmente graves, ya que repercuten directamente en el crecimiento durante el período crítico de fructificación, cuando se fija el número de granos. Si la sequía se revierte relativamente temprano (antes de R4) el menor número de granos puede compensarse por un aumento en el peso de los granos; estas compensaciones no son totales, ya que frente a una reducción del 50% en el número de granos puede esperarse un aumento no mayor al 20% en el peso de los granos (Fig. 1). El grado de compensación es claramente dependiente del IAF remanente del cultivo, de las condiciones de radiación imperantes, la sanidad del cultivo y la temperatura: un cultivo en el cual la

sequía haya estado acompañada por temperaturas excesivamente altas, que haya producido una elevada senescencia y que no presente una sanidad óptima, será incapaz de crecer a la máxima tasa y, por lo tanto, no expresará los valores máximos de compensación. En caso de que la sequía no se revierta, a los efectos irreversibles sobre el número de granos deben sumarse mermas en el peso de los granos (Fig. 1).

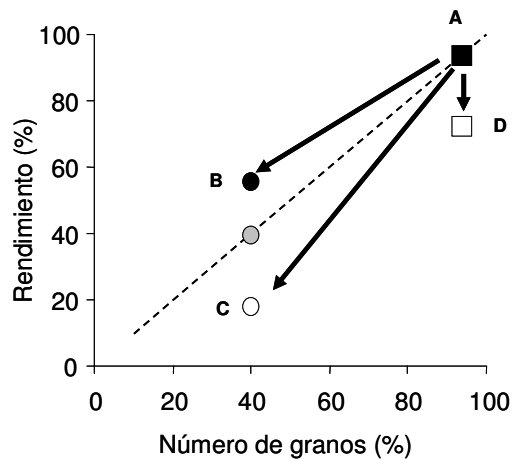


Fig. 1. Una sequía durante el período de fructificación (círculos) puede reducir drásticamente el número de granos, produciendo caídas en el rendimiento, con relación al rendimiento esperable (A). Si la sequía se revierte y las condiciones son óptimas durante el llenado, existe una compensación parcial a través de incrementos en el peso de los granos (B), pero si la sequía se sostiene, las caídas en el rendimiento se agravan por caídas en el peso (C). Una sequía que afecte sólo el período de llenado de granos suele tener un impacto mucho menor sobre el rendimiento, ya que disminuye el peso de los granos sin afectar su cantidad (D).

### ¿Cómo reducir el impacto de las deficiencias hídricas?

Generalmente, la sequía es ocasionada por una escasa precipitación que se produce en coincidencia con elevada demanda atmosférica; es claro que está fuera de nuestro alcance modificar el nivel de lluvia o las condiciones que regulan la demanda a nivel climático. Sin embargo, existen diferentes estrategias que permiten reducir la magnitud de la sequía o el impacto de ésta sobre el rendimiento del cultivo.

**Reducción de la magnitud de la sequía.** En muchos sistemas de producción, puede modificarse el contenido del agua del suelo sumando aportes previos de agua mediante el barbecho y, sobre todo, maximizando la captura del agua caída. Un eficiente control de malezas durante el barbecho y desde etapas tempranas del cultivo evita pérdidas de agua por transpiración de las plantas espontáneas, cuya magnitud depende de la cobertura por parte de las malezas, la demanda atmosférica y el tipo de maleza. La cubierta de rastrojo mejora la captura de agua, reduce las pérdidas por evaporación al disminuir la temperatura de la superficie del suelo y aumenta su rugosidad, disminuyendo las pérdidas por escorrentía. Mejorar la estructura de las capas superiores del suelo es la mejor forma de mejorar la captura del agua de lluvia, tanto durante el barbecho como durante el ciclo del cultivo. Cuanto más rápido infiltre el agua, menos se perderá por escorrentía y menos agua podrá ser perdida por evaporación.

**Tolerancia a la sequía.** Existen en el mercado algunos materiales que presentan mejor comportamiento que otros frente a deficiencias hídricas. En algunos casos, esto se debe a que poseen mecanismos que les permite crecer y fijar granos aun cuando el contenido de agua en el suelo es bajo y la demanda es alta (eg. ajuste osmótico, tolerancia a la desecación, mantenimiento de fotosíntesis,

mantenimiento del cuaje, etc.). Además, algunas características genotípicas otorgan ciertas ventajas ante déficits hídricos. Por ejemplo, las variedades de ciclo largo tienen menor posibilidad de que una sequía temprana (e.g. durante el período vegetativo o cercana a floración) afecten el rendimiento por tener mayor nivel de cobertura potencial, y logran mayor profundización de raíces, pudiendo acceder a agua profunda, en caso de que ésta esté disponible. Las variedades indeterminadas también suelen tener mayor tolerancia, debido a la definición más tardía de sus componentes del rendimiento.

**Diferimiento del consumo de agua.** Siendo la soja un cultivo estival de altos requerimientos térmicos es prácticamente imposible pensar en el escape como una estrategia válida, ya que la demanda atmosférica aumenta, forzosamente, a medida que progresa el cultivo. Sin embargo, puede considerarse un escape parcial, es decir, tratar de evitar de que el período de sequía coincida con los momentos más críticos para la definición del rendimiento. Esto puede lograrse mediante:

- a) **Manejo de cultivares.** Variedades de ciclo corto sembradas temprano, pueden consumir menos agua durante pre-floración, llegando al período crítico con mayor cantidad de agua en el perfil que variedades más largas; utilizar estas variedades puede ser ventajoso en situaciones en las que se desarrolle una sequía terminal. Por el contrario, variedades de ciclo largo, suelen presentar mejor comportamiento a la sequía durante fructificación, debido a que tienen un período crítico más tardío, por lo que, durante éste, la demanda atmosférica es menor.
- b) **Fecha de siembra.** Para cada región existe un rango de fechas que suele maximizar el rendimiento; sin embargo, algunas de estas fechas (por ejemplo, fechas ultra-tempranas, en algunas zonas de la región Pampeana) suelen exponer a los cultivos a condiciones de sequía coincidentes con el período crítico mientras que siembras levemente más tardías reducen este riesgo sin un compromiso importante en el rendimiento máximo alcanzable. En otras regiones, sin embargo, deben atrasarse las fechas de siembra más allá de las fechas que resultan óptimas en años con buena oferta de agua para evitar la coincidencia de la fructificación con las épocas más frecuentes de la sequía. En el otro extremo y, principalmente en regiones sub-tropicales, fechas tempranas son importantes para ubicar el cultivo en temperaturas frescas, para reducir el impacto de pérdidas por evaporación y aumentar la eficiencia de uso del agua.
- c) **Densidad y espaciamento.** Si bien densidades de siembra altas permiten compensar las pérdidas provocadas por la sequía durante los períodos vegetativos (sobre todo las relacionadas con falta de plantas o canopeos pequeños), altas densidades pueden agravar el impacto de las sequías durante el período crítico debido a que aumentan el consumo temprano de agua, colocando a los cultivos en peores condiciones hídricas durante fructificación. Si bien reducir el espaciamento también mejora las condiciones de crecimiento durante el período vegetativo, sus impactos negativos agravando la sequía en etapas reproductivas no parecen ser tan importantes como los de excesos en la densidad. Por lo tanto, reducir el espaciamento sin incrementar la densidad, parece ser una solución óptima en varios sistemas de producción para lograr buenos rendimientos sin incrementar el impacto de la sequía.

## Consideraciones finales

Las grandes variaciones existentes en el IC y en la EUA ponen de manifiesto que puede lograrse un rango bastante amplio de rendimientos frente a una determinada oferta de agua, incluso cuando ésta es escasa. Además de orientar el manejo agronómico a mejorar el balance de agua, maximizando la captura y almacenamiento de agua y minimizando las pérdidas improductivas por evaporación o consumo de malezas, es necesario caracterizar, localmente, el tipo de sequía más frecuente.

Discriminar si las sequías suelen ser terminales, erráticas o concentradas en algún momento del año facilitará la elección del ciclo más adecuado u orientará acerca de la necesidad de diversificación de ciclos, en búsqueda de estabilidad del sistema de producción. Además, identificar en cada región, la potencialidad y variabilidad de rendimientos según fecha de siembra, permite la elaboración de las mejores estrategias productivas zonales.

## Introducción

El uso del cultivo de trigo para producir forraje y en algunas oportunidades también grano en explotaciones agrícolas ganaderas se incrementa año tras año, gracias a las ventajas que tiene este cereal invernal frente a los demás, principalmente la avena y la cebada. Es importante recordar algunos de los aspectos favorables del trigo:

- facilidad de implantación y plasticidad de fecha de siembra
- mayor resistencia genética a enfermedades de hoja
- mejor tolerancia al frío
- excelente reacción al pastoreo
- muy buena calidad y cantidad de forraje a lo largo del ciclo del cultivo
- excelente antecesor de cultivo de segunda

Los diferentes criaderos de trigo liberan anualmente una gran cantidad de variedades, generalmente las de ciclo largo son las que mediante un manejo adecuado llegan a tener un buen comportamiento como doble propósito.

Con la finalidad de proveer información anualmente se conducen ensayos para evaluar el comportamiento de cultivares de trigo como doble propósito en la Estación Experimental Agropecuaria INTA de Marcos Juárez.

## Materiales y métodos

Los ensayos son conducidos bajo siembra directa sobre soja de primera en la secuencia de cultivos trigo/soja-maíz-soja. Se fertiliza en presiembra con nitrógeno-fósforo y azufre y luego de cada corte con nitrógeno. Las parcelas a la siembra son de 7 surcos a 20cm y 5m de largo y a cosecha es de 5 surcos. Se aplican agroquímicos para el control de malezas e insectos. No se hace control de enfermedades. Tanto la siembra como la cosecha de forraje y grano es mecánica.

Durante el año 2005 se evaluaron 19 cultivares de ciclo largo e intermedio en un diseño de ensayo Alpha con 3 repeticiones. La siembra se realizó el día 12 de abril, las fechas de los cortes de forraje fueron: 1re. corte-24 de junio, 2do. corte-3 de agosto y 3er. Corte-9 de septiembre y la cosecha de grano fue el 10 de diciembre Como ocurrió en la campaña 2004 también se partió con una muy buena recarga de agua en el perfil del suelo, se acumularon 90mm por precipitaciones ocurridas hasta realizado el 3er. Corte (120mm en la campaña 2004) y luego 159.7mm hasta madurez de cosecha para grano (no se cosecho grano en la campaña 2004).