

Aníbal Cerrudo, Juan P. Monzon,  
Javier DiMatteo, Fernando  
Aramburu, Roberto Rizzalli y  
Fernando Andrade.  
Grupo Ecofisiología de Cultivos  
UIB Balcarce.

# Manejo del cultivo de maíz en ambientes con restricciones hídricas

En ambientes donde el rendimiento está limitado por la disponibilidad de agua, la estrategia de manejo debe estar orientada a optimizar el estado fisiológico del cultivo alrededor de floración.

## Palabras Claves:

Maíz, ambiente, agua, manejo,  
barbecho, fecha de siembra,  
densidad, espaciamiento,  
fertilización, genética,  
rendimiento.

## Introducción

La falta de agua impone una severa limitación para el rendimiento del cultivo de maíz en diversos ambientes de Argentina. La restricción de agua conduce a situaciones de estrés hídrico en las que se ve afectado el normal funcionamiento del cultivo. La interacción entre momento, duración e intensidad del estrés hídrico condiciona, en última instancia, el rendimiento alcanzable. Así, cultivos realizados en ambientes en los que las precipitaciones no compensan a la demanda y/o en suelos con baja capacidad de almacenaje de agua útil tienen alta probabilidad de sufrir estrés hídrico durante la estación de crecimiento. El rendimiento de maíz en los ambientes que combinan estas características de suelo y clima es, además de bajo, variable entre años, lo que dificulta la incorporación de este cultivo en los planteos agrícolas. No obstante, la adopción de prácticas de manejo basadas en el entendimiento del funcionamiento del cultivo en interacción con el ambiente permitiría en muchos casos incrementar y estabilizar el rendimiento del cultivo de maíz convirtiéndolo en una alternativa productiva viable.

El rendimiento del maíz está estrechamente asociado con el estado fisiológico del cultivo durante un período de alrededor de 30 días centrado en la floración (período crítico). Durante el mismo, se determina el número de granos por unidad de superficie, componente que explica la mayor parte de la variación en el rendimiento. De acuerdo con esto, en ambientes donde el rendimiento está limitado por la disponibilidad de agua, la estrategia de manejo debe estar orientada a optimizar el estado fisiológico del cultivo alrededor de

floración. En función de este objetivo se discuten prácticas de manejo del cultivo de maíz en dichos ambientes que incluyen la fecha de siembra, el barbecho, el sistema de labranza, la densidad de plantas, el espaciamiento entre hileras, la fertilización y la elección de cultivares.

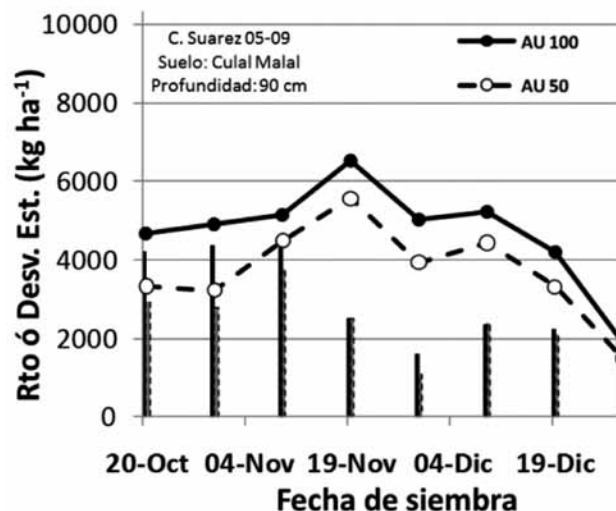
## Prácticas de manejo

### Fecha de Siembra y barbecho

En ambientes con restricciones hídricas, la elección de la fecha de siembra del cultivo es una de las prácticas de manejo de mayor impacto sobre el rendimiento y la estabilidad del mismo. En ambientes sin limitaciones hídricas y con temperaturas máximas moderadas, los máximos rendimientos de maíz se logran en fechas de siembra tempranas, porque en estas se maximiza la captura de radiación y la eficiencia con que la radiación es transformada en biomasa durante la etapa reproductiva. Sin embargo, cuando el factor limitante es el agua disponible, la mejor estrategia es evitar la coincidencia de la floración con períodos con alta probabilidad de ocurrencia de estrés hídrico. Esto se puede lograr adelantando la floración utilizando híbridos de ciclo corto y siembras tempranas o más frecuentemente, atrasando dicho estado fenológico utilizando fechas de siembra tardías (Figura 1). El objetivo es ubicar la floración del cultivo de maíz en períodos con mayor probabilidad de ocurrencia de precipitaciones y menor demanda atmosférica, lo que resulta en un balance hídrico más favorable. Además, ubicar la floración en períodos de menor temperatura, tiene la ventaja adicional de reducir la probabilidad de ocurrencia de estrés térmico que muchas veces acompaña al estrés hídrico, sobre todo en latitudes bajas.

**Figura 01**

Rendimiento de maíz en función de la fecha de siembra promedio para 4 campañas y para dos condiciones de agua útil a la siembra: i) 50% (AU 50) y ii) 100% (AU 100): sobre suelo serie CulalMalal (profundidad efectiva: 90 cm y 130 mm de agua útil a capacidad de campo) en Coronel Suarez, Bs. As. Se presenta, además, el desvío estándar como indicador de la variación entre años. Los datos fueron generados con el modelo de simulación CERES Maíz versión 4.5. Se pudo observar que atrasos en fecha de siembra hasta mediados de noviembre incrementaron y estabilizaron el rendimiento en el período analizado. Este resultado se sustenta en la coincidencia de la floración con períodos con menor deficiencia hídrica en estas fechas de siembra respecto a fechas de siembra más tempranas.



Por otro lado, atrasos en fecha de siembra implican un mayor período de barbecho lo que frecuentemente permite incrementar el contenido de agua en el suelo a la siembra. Esto es relevante en suelos con alta capacidad de almacenaje de agua.

Por último, en ambientes con restricciones hídricas es necesario también, minimizar las pérdidas improductivas de agua por medio de: i) la siembra directa o labranza reducida que mantienen rastrojo en superficie incrementando la infiltración y reduciendo las pérdidas de agua por evaporación (Figura 2) y ii) un adecuado control de malezas desde el barbecho.

### Densidad de siembra

La densidad óptima del cultivo de maíz debe ser adecuada en función de la disponibilidad hídrica del ambiente. En maíz, cuando los recursos por planta son escasos en floración además de reducirse el crecimiento, se reduce la partición de asimilados a la espiga, llegando en casos extremos a observarse plantas estériles. De esta manera, en ambientes en los que los recursos son escasos, se debe reducir la densidad de plantas para asegurar un buen crecimiento de las plantas individuales y así evitar la situación antes mencionada. Las bajas densidades de plantas pueden además reducir el consumo de agua en etapas vegetativas transfiriendo el recurso a etapas posteriores más críticas para el rendimiento. Es por esto que cuanto más pobre es el ambiente, menor es la densidad óptima del cultivo de maíz (Figura 3).

Al utilizar bajas densidades de siembra se corre el riesgo de no aprovechar aquellos años donde las condiciones hídricas sean mejores a las esperadas. Por lo tanto, es importante la elección de cultivares con

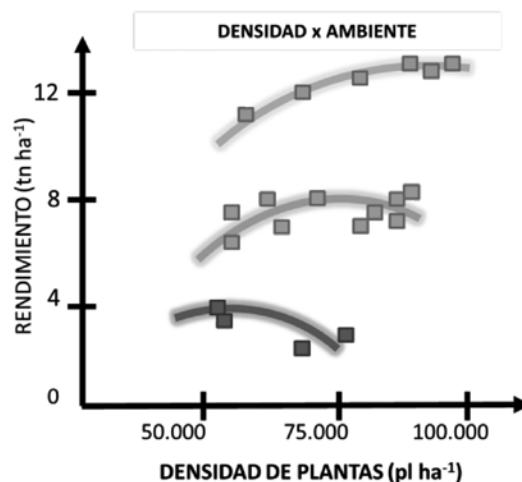
alta plasticidad reproductiva (prolificidad o plasticidad de espiga), es decir que tengan capacidad de transformar en rendimiento esa mayor disponibilidad de recursos disponibles en años más favorables.

### Espaciamiento entre hileras

El espaciamiento entre hileras óptimo, también varía en función del ambiente. La siembra en hileras anchas presenta ventajas cuando el

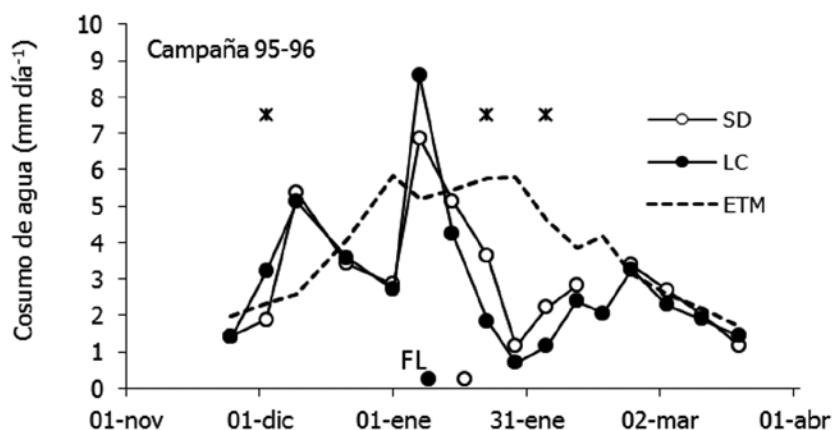
**Figura 03**

Rendimiento de maíz en función de la densidad de plantas para tres ambientes que difieren en el nivel de restricción hídrica alrededor de floración: i) restricción severa (curva inferior), restricción media (curva del centro) y restricción leve (curva superior). Adaptado de Andrade et al., 1996.



**Figura 02**

Evapotranspiración máxima (ETM) y consumo de agua del cultivo de maíz con siembra directa (SD) y labranza convencional (LC) para un año con bajas precipitaciones en Balcarce. Los símbolos junto al eje indican la fecha de floración (FL). \*: indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El consumo para cada periodo se calculó como contenido de agua inicial - final + precipitaciones. Consumos superiores a la ETM pueden atribuirse a pérdidas por escurrimiento o drenaje. Bajo siembra directa se observa mayor consumo de agua post floración. Adaptado de Rizzalli (1998).



estrés hídrico se presenta en la etapa vegetativa y se prolonga hacia etapas reproductivas. La siembra en hileras anchas, como las bajas densidades, retrasan la cobertura del suelo y con esto reducen la transpiración del cultivo durante las etapas vegetativas. En esta situación, la transpiración es el principal componente del consumo de agua ya que el suelo permanece seco en superficie limitando la evaporación. La estrategia de moderar el consumo de agua a través de dichas prácticas de manejo permite transferir agua hacia etapas posteriores que son más críticas para la determinación del rendimiento. Esta estrategia es válida en situaciones en las que el cultivo parte con una buena provisión de agua en el suelo y el aporte de agua de precipitación durante el ciclo del cultivo es relativamente bajo. Estas situaciones son poco frecuentes en la región Pampeana.

Por el contrario, las siembras en hileras angostas pueden ser ventajosas en situaciones que combinan estrés hídrico durante estadios vegetativos que afectan la expansión foliar con una mejor provisión de agua en floración. En estos ambientes, reducir la distancia entre hileras mejora la interceptación de radiación en las etapas reproductivas por incrementar la fracción de radiación interceptada por unidad de área foliar. Esta estrategia se adecua a planteos de escape en los que el período vegetativo está expuesto a condiciones de estrés hídrico.

#### Fertilización

En ambientes con restricciones hídricas, una correcta fertilización aumenta la eficiencia de uso del agua disponible. La dosis de nutrientes a aplicar depende del suministro del suelo y del requerimiento del cultivo que es función del rendimiento objetivo. Una baja disponibilidad de agua reduce la demanda de nutrientes del cultivo por reducir el crecimiento y rendimiento, pero también puede reducir el aporte de aquellos nutrientes que provienen de la mineralización de la materia

orgánica de suelo. Una correcta evaluación de la disponibilidad de nutrientes a través de métodos de diagnóstico probados y una correcta estimación del rendimiento objetivo son indispensables para una fertilización adecuada y los sistemas con restricciones hídricas no escapan a este principio.

#### Mejora genética

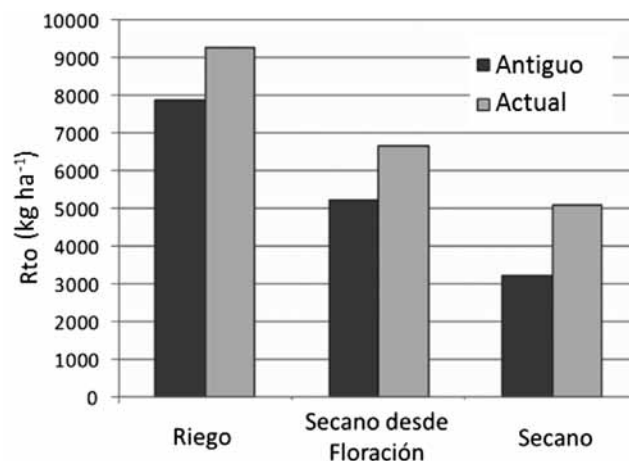
El mejoramiento genético ha incrementado la tolerancia al estrés hídrico en maíz debido en parte a que la selección de genotipos se realiza en condiciones de alta densidad de plantas (sustituto del estrés hídrico) y a que la evaluación de los cultivares se efectúa en múltiples ambientes. Los cultivares actuales presentan igual consumo, pero mayor eficiencia de uso del agua consumida (kg grano por mm de agua consumido) que los cultivares antiguos (Figura 4). Por otro lado, trabajos recientes muestran que existe variabilidad en el comportamiento de cultivares actuales frente a condiciones de estrés hídrico, encontrándose diferencias de rendimiento superiores a 2000 kg ha<sup>-1</sup> en ambientes de 6000 kg ha<sup>-1</sup> de rendimiento promedio (Figura 5).

Por otro lado, la incorporación de genes que otorgan resistencia a herbicidas facilita y optimiza el control de malezas, factor determinante en ambientes en los que el rendimiento está severamente limitado por el agua disponible. Por otro lado, los genes que otorgan poder insecticida pueden aumentar la productividad del agua en ambientes con restricciones hídricas y ser particularmente ventajosos cuando se incorporan a estrategias de manejo que incluyan la siembra tardía.

Los factores antes mencionados deberían ser tenidos en cuenta en la elección del cultivar a sembrar en ambientes de bajo potencial productivo. Complementando, así, al precio de la semilla que actualmente es el principal determinante del cultivar elegido en estos ambientes.

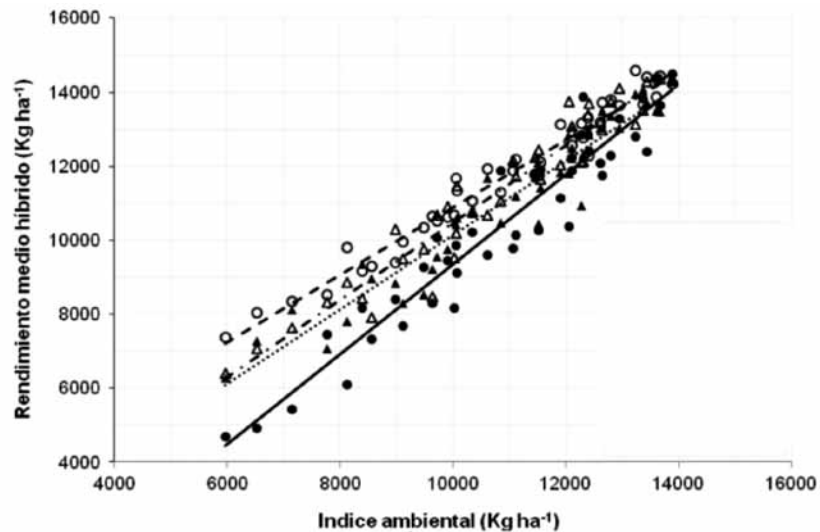
**Figura 04**

Rendimiento de maíz (kg ha<sup>-1</sup>) en un híbrido actual (barras claras) y un híbrido antiguo (barras oscuras) en tres diferentes ambientes: i) Riego desde durante todo el ciclo; ii) Secano desde floración y iii) Secano durante todo el ciclo). El rendimiento fue significativamente mayor para el híbrido actual en los tres ambientes. En cada ambiente hídrico, el consumo de agua no fue distinto entre híbridos, por lo que la eficiencia en el uso del agua fue mayor en el híbrido actual. Adaptado de Nagore et al., 2010.



## Figura 05

Rendimiento de distintos cuatro cultivares de Maíz (distintos símbolos) en función del índice ambiental para distintos ambientes de la región Pampeana. El índice ambiental se estimó como la media de rendimiento de todos los cultivares en cada ambiente. Adaptado de Castro, 2013.



## Conclusiones

- El maíz es considerado un cultivo muy susceptible a restricciones hídricas, por lo que se lo suele restringir a los mejores ambientes o lotes. No obstante, en este trabajo hemos visto que el manejo del cultivo basado en el entendimiento de su funcionamiento en interacción con el ambiente permite incrementar y estabilizar la producción de maíz, tornándolo en una alternativa rentable en estos ambientes de bajo potencial productivo. La estrategia de manejo del cultivo de maíz en estos ambientes debe estar orientada a optimizar el estado fisiológico del cultivo alrededor de floración. Los ejemplos utilizados en este trabajo muestran que la adecuación de distintas prácticas de manejo al ambiente generó un sensible incremento en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, las prácticas de manejo no deberían considerarse de manera aislada, sino como un paquete de prácticas que busca, además, explotar la sinergia entre las mismas.

Encuentre el presente trabajo en [www.aapresid.org.ar](http://www.aapresid.org.ar) - PUBLICACIONES

### Bibliografía

- Andrade FH, Cirilo AG, Uhart SA, Otegui ME (1996) Ecofisiología del cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa. Dekalb Press y CERBAS-EEA INTA Balcarce (Eds) Balcarce, Argentina.
- Andrade FH, Sadras VO (2002) Bases para el Manejo del Maíz, el Girasol y la Soja., INTA. Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP, Buenos Aires, Argentina.
- Castro S. (2013) Estabilidad de rendimiento y mecanismos ecofisiológicos asociados con la inflación de granos en híbridos de maíz y en sus líneas parentales. Tesis de Maestría producción vegetal.
- Echeverría, H, García, F (2005) Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA. Balcarce, Argentina.
- Debaeke P, Aboudrare A (2004) Adaptation of crop management to water-limited environments. European Journal of Agronomy 21, 433-446.
- Nagore ML, Echarte L, Della Maggiora A, Andrade FH (2010) Rendimiento consumo y eficiencia de uso de agua del cultivo de maíz bajo estrés hídrico. Actas IX Congreso Argentino de Maíz. Rosario. p107.
- Rizzalli R (1998). Siembra directa y convencional de maíz ante distintas ofertas de nitrógeno. Tesis Maestría UNMdP.