

# — El mismo maíz, un nuevo desafío



# — El mismo maíz, un nuevo desafío

***El mismo maíz, un nuevo desafío*** : Compendio primer congreso de maíz tardío / Lucas Borrás ... [et al.] ; Lucas Borrás y Sergio Uhart editores, prólogo de Sergio Uhart. - 1 a ed c ompendiada. - San Isidro : Dow Agrosciences Argentina, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-98384-3- 3

1. Actividad Agropecuaria. I. Borrás, Lucas, II Borrás, Lucas y Uhart, Sergio eds III. Uhart, Sergio, prolog.

CDD 630

ISBN 978-987-98384-3-3

© 2017 Jurema Rattes

Hecho el depósito que previene la ley 11.723

Prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos de este documento, su transmisión en cualquiera forma o por cualquier medio. Los trabajos exhibidos se publican con los consentimiento de sus autores, quienes son responsables de la veracidad de los datos publicados. Todo el material publicado en esta obra, incluyendo, pero no limitado a imágenes e ilustraciones, esta protegido por derechos registrados, marcas registradas y otros derechos de propiedad intelectual, los cuales les pertenecen y son controlados por sus autores, o por otros partícipes que hayan licenciado sus materiales a dichas empresas. Los materiales publicados son solamente muestras de trabajos realizados con fines de exhibición. Estos materiales no se deben copiar, reproducir, replicar, cargar, enviar, transmitir o distribuir en ninguna forma, incluyendo correo electrónico u otros elementos electrónicos, sin el consentimiento previo y por escrito del propietario. Modificaciones de los materiales o cualquier otro uso es una violación de los derechos de propiedad, marcas registradas y otros derechos patentados. Su infracción esta penada por las leyes 11.723 y 25.446 de la República Argentina.

<b>Prólogo</b>	6
<b>Cap. 01</b> - Marco conceptual para la interpretación eco-fisiológica de la respuesta del maíz a la fecha de siembra.	9
<b>Cap. 02</b> - Progreso genético de maíz en Argentina: efecto de la fecha de siembra.	37
<b>Cap. 03</b> - Fecha de siembra y eficiencia en el uso de los recursos.	46
<b>Cap. 04</b> - Por qué aumentar el maíz en las rotaciones.	55
<b>Cap. 05</b> - Ventana óptima de siembra en maíz tardío y riesgos climáticos.	62
<b>Cap. 06</b> - Impacto del genotipo, ambiente y manejo sobre el rendimiento de maíz tardío en zona núcleo.	75
<b>Cap. 07</b> - Fertilización nitrogenada en maíces tardíos y de segunda.	92
<b>Cap. 08</b> - Claves del manejo agronómico del maíz tardío: Oportunidades para crecer y consolidar el sistema de cultivo.	104
<b>Cap. 09</b> - Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por hongos.	109
<b>Cap. 10</b> - Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por virus, mollicutes y bacterias.	128
<b>Cap. 11</b> - ¿Cuáles son las diferencias en el manejo de malezas?	146
<b>Cap. 12</b> - Monitoreo de plantas en maíz tardío.	156
<b>Cap. 13</b> - La biotecnología y sus cuidados son llaves para el maíz tardío.	169
<b>Cap. 14</b> - Aspectos más relevantes en protección de maíces tardíos.	181
<b>Cap. 15</b> - ¿Cómo gestionar la toma de decisiones agronómicas?	184
<b>Cap. 16</b> - Gestión de decisiones económicas y de mercado: Enfoque en área núcleo (zona Sudeste Córdoba).	193



<b>Cap. 17</b> - Como gestionar las decisiones económicas y de mercado en la Región Oeste Arenoso.	211
<b>Cap. 18</b> - Rendimientos potenciales y brechas de rendimiento en maíz en Argentina.	226
<b>Cap. 19</b> - Análisis de riesgo integrando aspectos agronómicos y económicos.	236

# — Prólogo

# Prólogo

## Primer Congreso de Maíz Tardío

Cuando revisamos las tendencias de siembra de maíz en Argentina con el grupo técnico-comercial de Dow AgroSciences nos dimos cuenta que el “maíz tardío” había venido para quedarse, ocupando más de la mitad del área cultivada. También observamos que surgían numerosas preguntas sobre la tecnología adecuada para el mismo y que muchas de ellas no tenían respuesta.

El maíz tardío era “otro maíz” diferente al que estábamos acostumbrados a manejar?

Revisamos, de inicio a fin del cultivo, temas técnicos, económicos, estructurales y de trabajo integrado, consultando a los principales referentes del país para establecer el “estado del arte” hasta el presente y los “huecos” de información que deberían considerarse.

Fue un trabajo previo al evento recibido por todos los involucrados con enorme entusiasmo, compartiendo interrogantes comunes, ganas de avanzar en el conocimiento, deseos de superar condiciones adversas de rentabilidad del pasado y de integrar esfuerzos hacia el futuro, disfrutando de un ambiente de amistad y respeto mutuo.

Se planteó exponer todo en una jornada, con 15 a 20 minutos por disertante. Que desafío fue sintetizar la gran masa de datos en unos pocos, rescatar los conceptos “fuerza”, presentarlos en forma clara y amena y sugerir el camino que deberíamos seguir, debatiendo ideas al fin de cada eje temático. Que experiencia de alta calidad técnica y humana!

Los cuatro módulos temáticos (fundamentos fisiológicos, manejo agronómico, protección del cultivo y gestión de manejo agronómico - económico y análisis de riesgo) fueron cubiertos por veinte disertantes, líderes de grupos referentes de trabajo. Syngenta se sumó a la propuesta apoyando el módulo de protección del cultivo y auspiciando la participación de una reconocida investigadora de Brasil.

El contenido del primer módulo incluyó la interpretación ecofisiológica de la respuesta

de maíz a la fecha de siembra, el progreso genético y la eficiencia de uso de recursos según fecha de siembra.

En el segundo segmento se analizó el impacto del maíz sobre la sustentabilidad del sistema agrícola, la ventana óptima de siembra en maíz tardío y riesgos climáticos en diferentes regiones, y los criterios de selección de genotipos, densidades poblacionales y estrategias de fertilización.

En el tercer eje temático se presentaron estrategias para el manejo de malezas, enfermedades y plagas en siembras tardías y el cuidado de la biotecnología como factor clave para el éxito de las mismas.

Finalmente se expusieron criterios y herramientas para gestionar la toma de decisiones agronómicas, económicas y de mercado, integrando estos aspectos a través de modelos de análisis de riesgo.

Quedó claro que sabíamos y que no, cuáles eran los caminos a seguir y que áreas de mejora surgieron en la comunicación y en la integración de esfuerzos.

Previo al evento se fue gestando la idea de organizar una red de cooperación para, con los resultados del mismo, priorizar e iniciar trabajos que fueran cubriendo las brechas de información. La aceptación fue unánime y la Red de Maíz Tardío (REMAT) fue presentada en el evento junto a su Coordinador el Dr Lucas Borrás.

Trabajos recientes han remarcado que la cooperación es esencial para el progreso de la sociedad y que la reputación de cada uno es el principal “driver” para desarrollar la cooperación y las redes de trabajo.

La reputación y calidad humana del grupo comprometido con la Red y futuros Congresos de Maíz Tardío son motivo de confianza y orgullo.

Dr. Sergio A. Uhart

# — Marco conceptual para la interpretación eco-fisiológica de la respuesta del maíz a la fecha de siembra

## AUTORES

### **Claudia R.C. Vega**

---

Ecofisiología de Cultivos INTA Manfredi  
Ruta 9 Km 636, Manfredi, Córdoba  
E: vega.claudia@inta.gob.ar

### **Catriel Santillán Hatala**

---

Ecofisiología de Cultivos INTA Manfredi  
Ruta 9 Km 636, Manfredi, Córdoba

### **Claudio J. Razquin**

---

Ecofisiología de Cultivos INTA Manfredi  
Ruta 9 Km 636, Manfredi, Córdoba  
UNVM. Av. Arturo Jauretche 1555  
Villa María, Córdoba

### **Federico A. Ogando**

---

Ecofisiología de Cultivos INTA Manfredi  
Ruta 9 Km 636, Manfredi, Córdoba

## Introducción

En el marco de escenarios agronómicos actuales caracterizados por cambios en el clima (i.e. aumentos en la temperatura global y en la variabilidad de la disponibilidad hídrica (Easterling et al., 2000; Holzkämper et al., 2013), e incrementos en la demanda de manejos sustentables y eficientes en el uso de los recursos (Viglizzo et al., 2011), las tecnologías de procesos permiten identificar limitantes del rendimiento de los cultivos y/o de su estabilidad (Andrade, 2016). En particular, y en referencia al impacto del cambio climático, se proyecta que la falta de adaptación de prácticas de manejo afectará significativamente el rendimiento de los cultivos en secano (Deryng et al., 2014; Rose et al., 2016). A nivel global, las prácticas principales para evitar el estrés abiótico han sido la fecha de siembra (tanto por adelantamiento como por atraso), y el uso de genotipos de distinta precocidad (Liu et al., 2013; Iizumi et al., 2014; Tao et al., 2016). Dichas estrategias de manejo serán cada vez más importantes para la mitigación del efecto detrimental del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos (Teixeira et al., 2013; Gabaldón-Leal et al., 2015; Senthilkumar et al., 2015).

En Argentina, particularmente en ambientes templados y con régimen monzónico (e.g. con precipitaciones concentradas en el verano) como los de la Pampa sub-húmeda y subtropicales como NOA y NEA, la práctica de postergar la siembra del maíz hacia inicios o mediados de verano ha alcanzado proporciones importantes durante la última década (Ver otros capítulos relacionados). Tanto en maíces de secano como en cultivos de segunda (i.e. sobre cultivos de invierno o coberturas previas), el aplazamiento de la fecha de siembra hacia finales de la primavera o hasta mediados del verano (en menores latitudes) mejora el estado hídrico de los cultivos debido a la recarga hídrica de los suelos y a la disminución de la demanda hídrica ambiental (Calviño and Monzon, 2009; Magliano et al., 2014). Asimismo, el retraso de la fecha de siembra disminuye la probabilidad de episodios de estrés térmico por alta temperatura (i.e., temperaturas máximas mayores a 32-35°C) y de alto déficit de presión de vapor, variables que impactan negativamente sobre el rendimiento a partir de su efecto directo e indirecto sobre diversos mecanismos fisiológicos (Commuri and Jones, 2001; Fonseca and Westgate, 2005; Cicchino et al., 2010;

Rattalino Edreira and Otegui, 2012; Neiff et al., 2016).

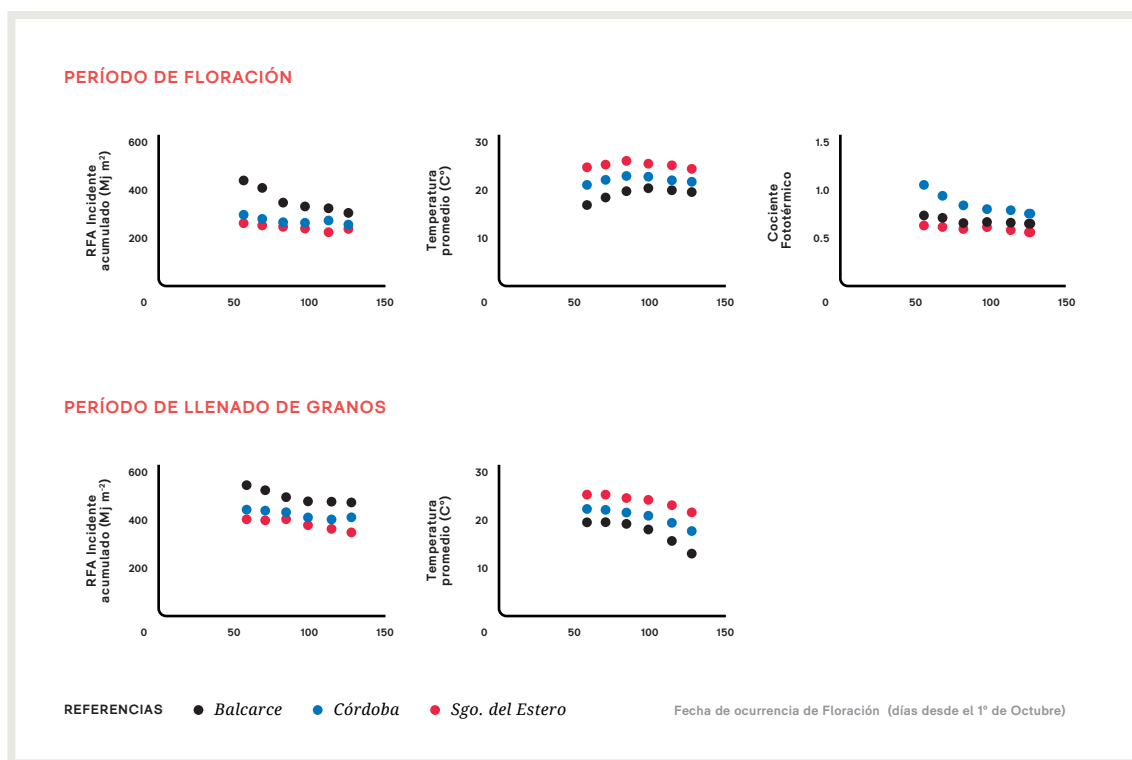
El mejor ambiente hídrico alrededor de la floración es el principal factor que explica la frecuente mayor estabilidad del rendimiento a través de años en los cultivos en secano (Florio et al., 2014, Mercau et al., 2014; Giménez et al., 2015). Sin embargo, y aún cuando las restricciones hídricas dejan de ser limitantes, el rendimiento potencial de maíces de verano es menor que el de fechas tempranas. Esto es debido a que cambios en la fecha de siembra ejercen efectos directos en el ambiente que exploran los cultivos no solo en el aspecto hídrico sino también en términos de rangos de temperatura y radiación solar. Dichos aspectos modulan la respuesta eco-fisiológica del cultivo, presentando el maíz de verano algunas diferencias con respecto al de primavera. Seguidamente, se desarrollará el concepto de calidad ambiental como determinante de los rendimientos potenciales esperables en fechas de siembras de verano y se discutirá acerca de los principales mecanismos del cultivo implicados.

### **El ambiente explorado por los maíces tardíos: importancia de la calidad fototérmica como regulador del rendimiento potencial y su estabilidad interanual**

En todas las especies de granos, la calidad ambiental y el estado fisiológico del cultivo durante la etapa crítica definen en gran medida el rendimiento (Early et al., 1967; Egli, 1998). La calidad ambiental de un período de tiempo en particular (i.e. el crítico alrededor de la floración en maíz) puede ser valorada a través del cociente fototérmico  $Q = R / (T_m - T_b)$ , donde R es la radiación solar incidente y  $T_m - T_b$  es la diferencia entre la temperatura diaria y la temperatura base por debajo de la cual el desarrollo se interrumpe (en maíz,  $T_b$  fluctúa entre 8-10°C, Cárcova et al., 2003). En ausencia de limitantes hídricas o nutricionales, el Q se asocia positivamente con el rendimiento potencial o su componente número de granos en diversos cultivos incluyendo al maíz (Fischer, 1985; Andrade, 1992; Otegui et al., 1996; Cantagallo et al., 1997; Poggio et al., 2005). Recientemente, un índice basado en Q incorpora la demanda atmosférica (estimada a través del déficit de presión de vapor, DPV) y la radiación difusa como dos variables ambientales adicionales que explican

la variabilidad en el rendimiento potencial a través de ambientes (Rodríguez and Sadras, 2007).

Debido a que tanto temperatura como radiación solar varían entre localidades, entre años (e.g. debido a distinta heliofanía o nubosidad) y de mes a mes en una misma localidad, el Q y por ende, el rendimiento potencial presentan variabilidad. Mayores Q se alcanzan cuando la radiación solar es alta pero la temperatura diaria es media. Más altos Q son frecuentemente encontrados en latitudes altas y zonas templadas (i.e. SE de Bs. As.), en localidades con alta amplitud térmica (i.e. pedemonte o con noches frescas) y en aquellas con escasa nubosidad. En latitudes altas, sin embargo, la variación diaria del Q es alta y, por ello, atrasos en la fecha de siembra están generalmente asociados



**Figura 1.** Calidad ambiental durante el período crítico y el llenado de granos en maíces sembrados en distintas fechas de siembra y latitudes. Cada punto representa una fecha de ocurrencia de floración. La radiación solar incidente acumulada (RFAI), la temperatura promedio y el cociente fototérmico fueron calculados para los 440°Cd alrededor de la floración (-220 a 200 °Cd alrededor de R1; Otegui et al., 1995), o 700°Cd en el caso del llenado de granos. En base a datos climáticos de La María, Santiago del Estero (1988-2013), Manfredi, Córdoba (1970-2013), Balcarce, Bs.As. (1972-2014).



con pérdidas de rendimiento potencial (en relación a siembras tempranas) que son porcentualmente mayores que en latitudes bajas (Cirilo and Andrade, 1994b; Maddonni, 2012; Mercau and Otegui, 2014; Bonelli et al., 2016). A medida que la latitud disminuye (hacia el NOA y NEA), el Q es más bajo pero más estable durante los meses de siembra del maíz de verano. Esto explica por qué en zonas de baja latitud, los rendimientos potenciales son comparativamente menores que los de latitudes altas pero la ventana de fechas de siembra es más amplia (Maddonni, 2012; Romani, 2016). En Figura 1, se compara la calidad ambiental en términos de Q durante la etapa crítica alrededor de floración de maíz según el impacto de distintas fechas de siembra. Un aspecto destacable es que a medida que la fecha de siembra se retrasa, la calidad ambiental del período crítico tiende a ser similar entre las localidades ejemplificada. Posteriormente, en Capítulo del Dr. Maddonni se valorará el efecto de la localidad sobre el rendimiento potencial en base a un análisis de probabilidades de rendimientos para series climáticas largas.

## **Bases de la producción de biomasa en maíces de verano**

Existe una estrecha relación positiva entre la acumulación de biomasa (e.g crecimiento) y sus dos componentes determinantes, la cantidad de radiación solar radiación fotosintéticamente activa que intercepta un cultivo (RFAI) y la eficiencia del uso de dicha RFAI (EUR; (Monteith and Moss, 1977; Andrade et al., 1992; Lindquist et al., 2005). RFAI y EUR son controlados por múltiples variables; entre ellas de localidad y ambiente, genotípicas y de manejo del cultivo (Andrade et al., 1992; Muchow, 1994; Uhart and Andrade, 1995; Kiniry et al., 1998; Plénet et al., 2000; Earl and Davis, 2003). Un tercer factor importante que condiciona la acumulación total de biomasa es la duración de ciclo, variable determinada por el grado de madurez del genotipo (Capristo et al., 2007) y la interacción entre variables del ambiente (i.e. temperatura y fotoperíodo) con el manejo (i.e. fecha de siembra y prácticas que controlan el estado nutricional e hídrico del cultivo, particularmente durante la postfloración; (Razquin et al., 2016). Cuando no existen restricciones hídricas, la duración del ciclo se asocia positivamente con la captura de radiación solar total, y por ello, en general, ciclos de crecimiento largos en el rango de temperaturas óptimas maximizan el rendimiento. Como excepción a este concepto, se debe mencionar al caso de genotipos no adaptados, o el uso de ciclos excesivamente largos

para una localidad (aún en fechas de siembras tempranas) o combinación localidad\*fecha de siembra, puesto que las fases finales del crecimiento ocurren con temperaturas bajas que disminuyen la EUR (Wilson et al., 1995; Maddonni et al., 1998; Tsimba et al., 2013; Bonelli et al., 2016). En estos casos, la relación entre duración del ciclo y el rendimiento tiende a ser curvilínea (Capristo et al., 2007).

Ante cambios en la fecha de siembra, la duración de las distintas fases de desarrollo está condicionada principalmente por dos factores ambientales, el fotoperíodo (horas de luz) y la temperatura, y por el factor genético asociado con la respuesta a dichos factores ambientales. En maíz, la respuesta fotoperiódica es del tipo cuantitativa de días cortos. Esto implica que los típicos fotoperíodos largos en siembras de verano conllevan alargamientos en la etapa de diferenciación de hojas y por ello, maíces tardíos tienen un mayor número de hojas final (Kiniry et al., 1991). El mayor número de hojas aumenta la duración en tiempo térmico de la etapa emergencia-floración (Birch et al., 1998a; Capristo et al., 2007). Estos efectos son más marcados en genotipos con mayor sensibilidad fotoperiódica como los de germoplasma tropical (Bonhomme et al., 1991; Giauffret et al., 2000). Debido, sin embargo, a que en siembras tardías, las altas temperaturas durante etapas vegetativas aceleran la tasa de desarrollo, los efectos fotoperiódicos son escasamente visibles en términos de tiempo calendario. El fotoperíodo, variable por fecha de siembra o latitud, no afecta otros parámetros de la generación de hojas como la tasa de iniciación de primordios foliares o el filocrono, aunque es probable que interacciones entre el fotoperíodo y la temperatura o el efecto genotípico también gobiernen estos aspectos (Birch et al., 1998b).

La temperatura, por su lado, ejerce efectos importantes asociados con la productividad en siembras de verano. Entre ellos, efectos directos sobre i) la tasa de desarrollo, de expansión foliar (Atkinson and Porter, 1996; Tardieu et al., 1999; Kim et al., 2012), y ii) fotosíntesis y EUR (Andrade et al., 1993; Wilson et al., 1995; Maddonni et al., 1998), e indirectos como la cantidad de radiación solar acumulada a través de la regulación de la duración de etapas y del ciclo total (Lafitte and Edmeades, 1997). En general, es aceptado que la temperatura base, óptima y máxima para el desarrollo ontogénico del cultivo desde la iniciación de la panoja hasta la floración es de 8, 34 y 40°C, respectivamente (Birch et

al., 1998b; Cárcova et al., 2003), aunque diversos estudios demuestran que existe variación genotípica en dichas temperaturas cardinales (Ruiz-Corral et al., 1998; Padilla and Otegui, 2005).

Aunque en maíz tardío, la duración en días de las etapas vegetativas es menor que en fechas tempranas debido al incremento de la tasa de desarrollo (Cirilo and Andrade, 1994a), la mayor temperatura durante las fases iniciales del desarrollo mejora importantes aspectos del establecimiento del cultivo, como el coeficiente de logro de la emergencia (Padilla and Otegui, 2004), la cobertura y la competencia con malezas. Esto es debido a que dichas mayores temperaturas mejoran la eficiencia en el uso de radiación (Andrade et al., 1993; Romani, 2016), y aumentan la tasa de crecimiento y expansión de hojas (Kim et al., 2012).

Estudios recientes con genotipos modernos adaptados y sembrados bajo condiciones potenciales (sin limitantes hídricas ni nutricionales) entre el 15 y 23 diciembre encontraron que EUR (en términos de RFAI) durante la etapa emergencia a floración varió entre  $3.5 \pm 0.33$  o  $3.6 \pm 0.46$  g MJ<sup>-1</sup> en latitudes intermedias como Manfredi, (Campana, 2013) o bajas como Santiago del Estero (Romani, 2016), respectivamente; y fue cercana a 3.0 g MJ<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> en latitudes altas como Balcarce (Bonelli et al., 2016). Estos valores se encuentran dentro de los rangos de EUR conocidos para distintas latitudes y temperaturas entre 19-26°C (Kiniry et al., 1989; Kiniry et al., 2004). Variaciones en EUR entre localidades en cultivos de maíz óptimamente fertilizados y bajo riego pueden también estar asociadas con diferencias en el déficit de presión de vapor (Stockle and Kiniry, 1990), y en menor medida se deben a genotipo o manejo (Campana, 2013).

Debido a estos distintivos patrones de desarrollo y crecimiento, el índice de área foliar crítico (e.g. la superficie foliar necesaria para capturar el 95% de la radiación solar en el período crítico) se alcanza más tempranamente (Maddonni and Otegui, 1996) en maíces de verano, lo cual implica consecuencias directas en el manejo de prácticas que definen la estructura del canopeo (como la densidad de plantas y el distanciamiento entre hileras. Finalmente, y si bien las tasas de crecimiento del cultivo durante la etapa de prefloración

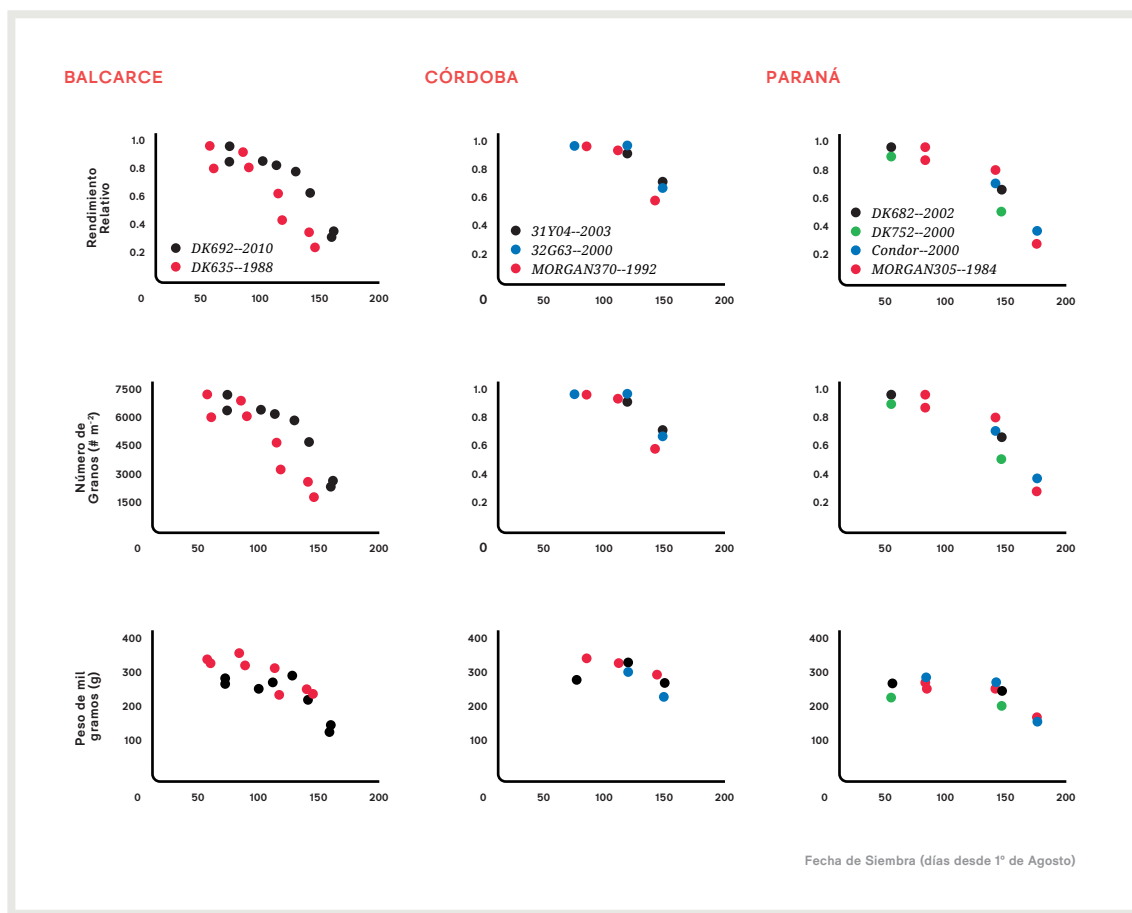
son mayores en siembras de verano que de primavera (Andrade et al., 1993; Cirilo and Andrade, 1994a), la biomasa a floración es similar entre fechas de siembra debido a la menor duración de etapas (Bonelli et al., 2016). Por otro lado, altas tasas de crecimiento no necesariamente se traducen en mayor rendimiento, ya que como será presentado seguidamente, el crecimiento durante la floración y/o durante el llenado de granos es generalmente menor a medida que el maíz de verano es sembrado más tardíamente (Cirilo and Andrade, 1994a; Bonelli et al., 2016).

### **Generación del rendimiento en maíces de verano: importancia relativa de los componentes número y peso de granos**

Debido a la sensibilidad de sus estructuras reproductivas, el maíz es una de las especies más responsivas al óptimo manejo de los insumos existiendo una estrecha relación entre la capacidad de crecimiento del cultivo durante etapas críticas y el principal componente del rendimiento, el número de granos (Andrade et al., 1999; Andrade et al., 2002). Múltiples estudios demuestran que estreses alrededor de la etapa de la floración (entre -200 a 250 °Cd de R1) disminuyen la tasa de crecimiento del cultivo, la eficiencia de partición reproductiva o el uso de asimilados por parte de los granos en formación (Early et al., 1967; Prine, 1971; Hawkins and Cooper, 1981; Aluko and Fischer, 1988; Zinselmeier and Westgate, 2000), con consecuentes pérdidas de granos y rendimiento. La reducción en el número de granos dependerá de la intensidad de los estreses, y en menor medida de un momento en particular dentro del período crítico (Cerrudo et al., 2013). Máximas tasas de crecimiento alrededor de las etapas críticas para la definición del número de granos son logradas con manejos de cultivo conducentes al logro de interceptación de radiación solar del 95% (i.e. densidad y distanciamiento entre plantas) y alta EUR (i.e. buen estado nutricional, hídrico y térmico; Hall et al., 1981; Uhart and Andrade, 1995; Cicchino et al., 2010).

vCon atrasos de la fecha de siembra, la tasa de crecimiento de estructuras reproductivas y el número de granos pueden disminuir (Cirilo and Andrade, 1994a; Otegui et al., 1995; Otegui and Melón, 1997; Razquin and Vega, 2007). Sin embargo, y probablemente debido a una mayor tolerancia al estrés abiótico (Echarte et al., 2004; Chen et al., 2016; Di

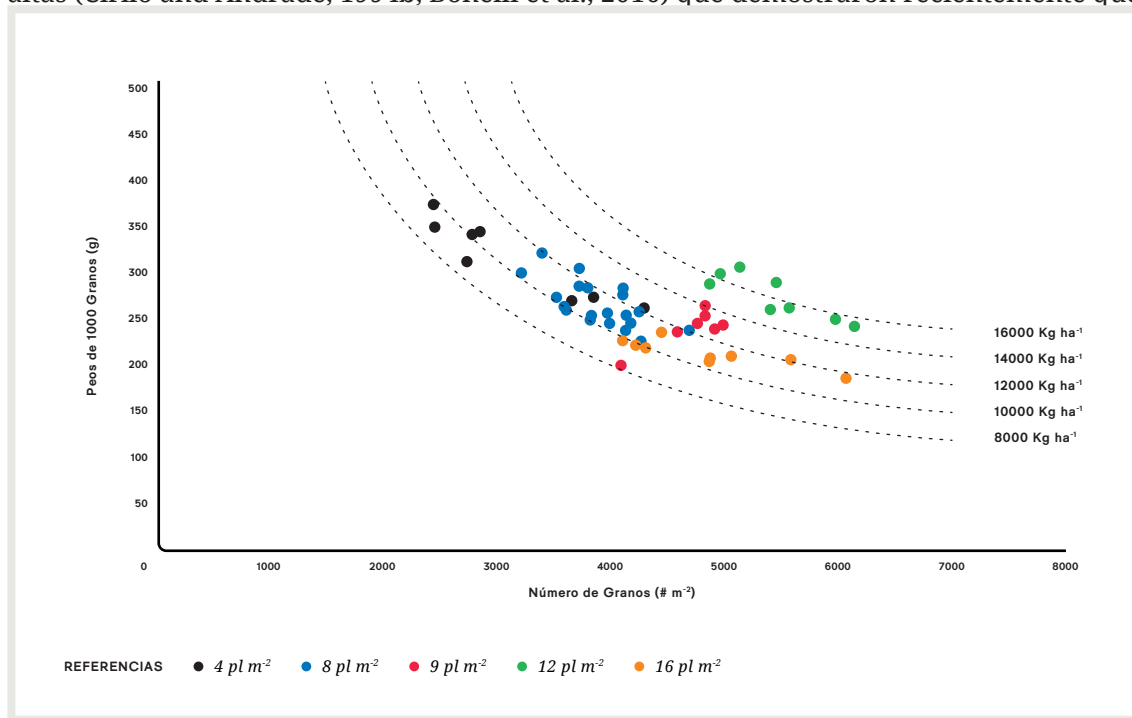
Matteo et al., 2016), los genotipos modernos exhiben alta eficiencia reproductiva aún en fechas tardías, y por ello, pueden fijar un alto número de granos (Campana, 2013; Bonelli et al., 2016). Si bien los rangos de fechas en los que se observa esta respuesta depende de la localidad, comparaciones del número de grano por unidad de superficie en genotipos adaptados actuales y de hace dos décadas (Cirilo and Andrade, 1994b; Cantarero et al., 2000) demuestran que el número de granos (NG) fijado por genotipos modernos es mayor



**Figura 2.** Comparación de la respuesta del rendimiento (en términos relativos) y componentes del rendimiento (número y peso de granos) ante cambios en la fecha de siembra en distintos ambientes. Datos obtenidos de estudios publicados (Cirilo and Andrade, 1994b; Bonelli et al., 2016; Cantarero et al., 2000; Razquin y Vega, 2007; Caviglia et al., 2014; Cirilo et al., 2011) y de experimentos controlados en el centro de Córdoba (promedio de redes de ensayos comparativos, INTA Manfredi). Los ensayos fueron conducidos bajo condiciones potenciales de agua y nutrición, con densidades de plantas entre 7.5 y 9 p m<sup>-2</sup>.

para una misma fecha de siembra. Dicho aspecto explicaría la mayor estabilidad del rendimiento ante cambios en la fecha de siembra de genotipos actuales (Figura 2).

Por ejemplo, en la zona central de Córdoba, maíces sembrados a mediados de diciembre a una densidad en el rango de 7.5 a 9.0 pm<sup>-2</sup> pueden fijar alrededor de 4.212± 425 granos m<sup>-2</sup>, variando dicho potencial entre genotipos (Eslava, 2008; Coria, 2010; Colotti Pioli, 2012; Casagrande and Zerpa, 2016) y por manejo (Campana, 2013). Estos rangos en el número de granos fijados por unidad de superficie superan ampliamente a los reportados por estudios previos en la misma zona (Cantarero et al., 2000). Similar resultado es evidente en la comparación de la respuesta a la fecha de siembra en latitudes altas (Cirilo and Andrade, 1994b; Bonelli et al., 2016) que demostraron recientemente que



**Figura 3.** Relaciones entre los componentes número y peso de granos para diferentes niveles de rendimientos (iso-líneas en líneas de puntos) de maíces de verano sembrados a mediados de diciembre bajo distintas combinaciones de manejo (genotipo y densidad de plantas). Ensayos conducidos en Manfredi, Córdoba bajo riego y sin limitantes nutricionales. Datos de Razquin et al., (2016) y Santillán Hatala et al. (2016).

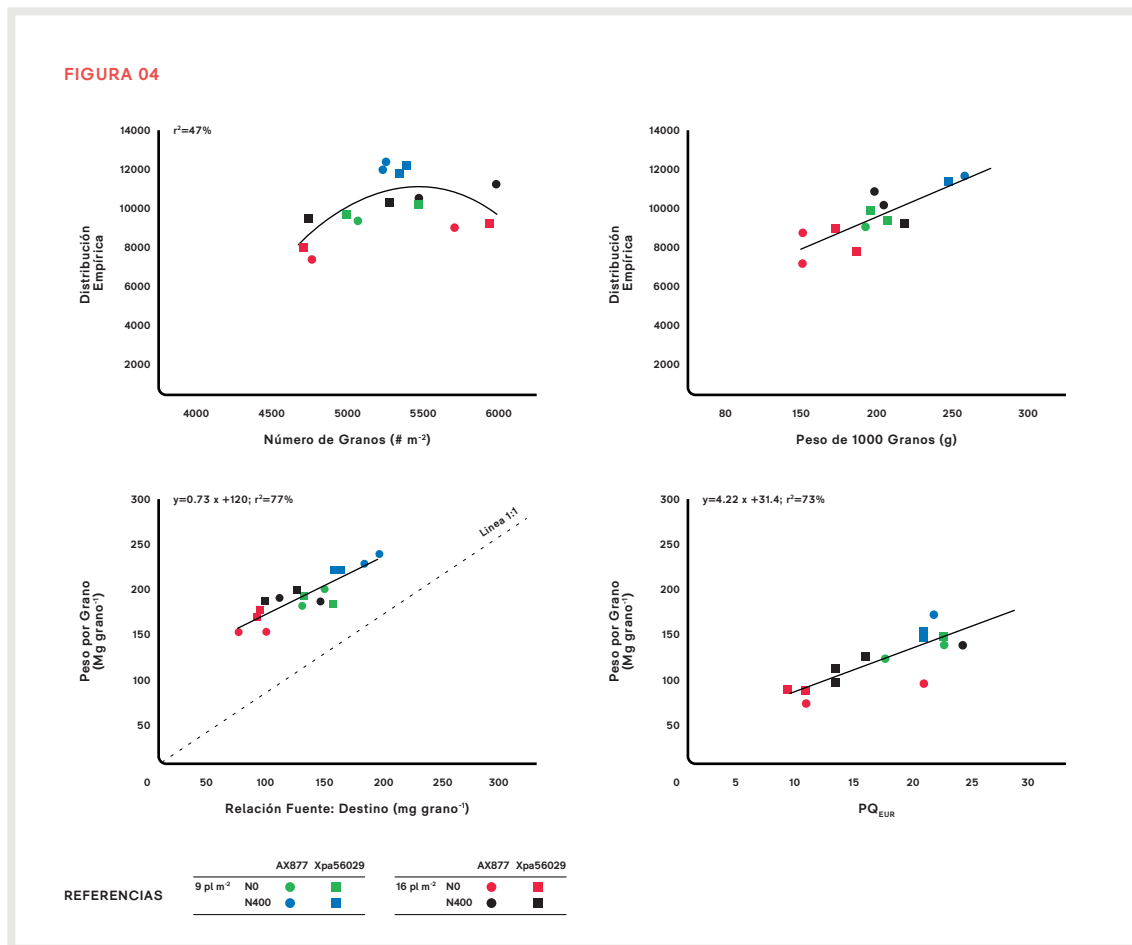
hasta fechas de siembra de mediados de diciembre, el componente número de granos varió en menor medida que el peso de granos. Debido a la estrecha relación entre el NG y el

rendimiento, la mejora de este componente explicaría los actuales niveles de rendimientos potenciales en fechas tardías. Por ejemplo, simulaciones del rendimiento potencial de maíces sembrados en fechas de diciembre en la zona centro de Argentina (i.e. Córdoba) indican variaciones entre 14 a 16 tn ha<sup>-1</sup> en buenos años (Aramburu Merlos et al., 2015). Rangos entre 13 y 16 tn ha<sup>-1</sup> fueron, asimismo, observados en experimentos controlados con genotipos modernos sembrados en densidades de 7.5 a 9.0 pm<sup>-2</sup> (Eslava, 2008; Coria, 2010; Colotti Pioli, 2012; Campana, 2013).

Estudios acerca del efecto de interacciones entre prácticas de manejo (genotipo, densidad de plantas, y N), demuestran que ciertos genotipos puede fijar hasta 6.000 granos m<sup>-2</sup> en fechas de siembras tardías, aunque esto no necesariamente se traduce linealmente en mayores rendimientos debido a limitaciones del llenado de granos que expresan mecanismos de compensación entre componentes. En Figura 3, se presentan rangos de rendimientos y sus componentes, número y peso de granos en ensayos bajo condiciones potenciales realizados en la zona centro de Córdoba.

Sin embargo y a pesar de la mayor habilidad de los genotipos modernos para fijar granos, el rendimiento potencial del maíz de verano es menor que en fechas tempranas. Esto estaría principalmente asociado con limitaciones del crecimiento durante el llenado de granos debido a que las empobrecidas condiciones ambientales durante la etapa posterior a la floración (menor radiación incidente y temperatura) disminuyen la cantidad de radiación solar capturada y la eficiencia del uso de radiación por parte del cultivo. La combinación de alto número de granos y menor calidad ambiental disminuye la fuente de asimilados por grano y acorta la duración del llenado, siendo estos efectos más acentuados en genotipos modernos con alta capacidad para fijar granos (Echarte et al., 2006; Cerrudo et al., 2013; Bonelli et al., 2016; Razquin et al., 2016) y en años con finales de verano y otoños con baja heliofanía. Estos aspectos eco-fisiológicos explicarían la creciente evidencia de que el componente peso de granos explica en mayor proporción que el NG la variación del rendimiento en fechas tardías, particularmente en manejos de alto potencial (Bonelli et al., 2016; Zhou et al., 2016; Santillán Hatala et al., 2016; Razquin et al., 2016).

Puesto que el crecimiento en postfloración está limitado, la EUR de los maíces de verano no es constante a lo largo del ciclo ya que frecuentemente declina durante la



*Figura 4. Relaciones entre el rendimiento y sus componentes, número y peso de granos en maíces de verano sembrados a mediados de diciembre bajo distintas combinaciones de manejo (genotipo, nivel de fertilización nitrogenada y densidad de plantas). B. Variación del peso de granos en respuesta a la relación fuente-destino durante el llenado de granos, y en función del momento de cambio en la eficiencia de conversión del cultivo (RUE) durante la postfloración (PQRUE, en días desde la floración femenina). Ensayos conducidos en Manfredi, Córdoba bajo riego.*

postfloración. Esto es un aspecto diferencial respecto a maíces sembrados en primavera (Birch et al., 1999) que se encuentran generalmente más limitados por destinos y menos por fuente de asimilados durante el llenado (Borrás et al., 2004). En genotipos modernos



sembrados en verano en latitudes intermedias, Razquin et al., (2016) encontraron que EUR durante el llenado disminuyó entre 56 y 68% respecto a EUR en fases de prefloración, variando dicho efecto según el genotipo. Sin embargo, disminuciones mayores fueron observadas bajo distintas combinaciones de manejo nutricional y de densidad de plantas. A partir de modelos bilineales ajustados a la respuesta de la producción de biomasa a la RFAI acumulada, se determinó que el momento de cambio de EUR ( $PQ_{EUR}$ ) durante la ontogenia dependió del genotipo y de la interacción entre prácticas de manejo del N y la densidad de plantas. En dicho estudio,  $PQ_{EUR}$  fluctuó entre 10 y 38 días después de la floración (Razquin et al., 2016) y explicó robustamente la variación de la relación fuente-destino (Figura 4). Similarmente, en latitudes altas, Bonelli et al., (2016) reportaron disminuciones de RUE en la postfloración en el orden del 43% respecto a etapas tempranas; mientras que en latitudes bajas, Romani (2016) reportó disminuciones del 27% en EUR.

Los mecanismos fisiológicos que subyacen a las disminuciones de EUR durante la postfloración en los maíces cultivados en verano no están totalmente claros. En latitudes altas, temperaturas en descenso pueden resultar subóptimas para la conversión de radiación solar en biomasa (Ying et al., 2000). En latitudes medias, desbalances fuente-destino (Eslava, 2008), excesiva removilización de N o de asimilados de hojas y tallos (Muchow, 1994; Santillán Hatala et al., 2016), o menor capacidad del cultivo para la absorción o uso de N durante el llenado (Caviglia et al., 2014) podrían ser procesos que expliquen la disminución de EUR durante el llenado de granos.

Un aspecto importante es que bajas relaciones fuente-destino aumentan la removilización de hidratos de carbono de reserva y N (Uhart and Andrade, 1991; Maddonni et al., 1998; Borrás and Otegui, 2001) para el crecimiento de los granos. Cuando estos procesos son excesivos, pueden ocurrir diversos síndromes como senescencia foliar acelerada, maduración anticipada de granos, quebrado de tallos y vuelco de plantas, y en situaciones extremas la aparente “muerte súbita” del cultivo. Estos desbalances fisiológicos, típicos en frecuencia en fechas tardías, son más acentuados en ambientes y campañas con buenas condiciones alrededor de la floración que generan cultivos con alta demanda de asimilados durante la postfloración (llenado), pero con otoños pobres en

radiación solar por exceso de nubosidad (Figura 5). Asimismo, cuando en fechas tardías, el deterioro ambiental coincide con la aparición de enfermedades de hoja (por ej. tizón del maíz), el área foliar verde del maíz no sólo es afectada en su funcionalidad sino también en su cantidad.



**Figura 5.** Síndrome del quebrado de tallos por removilización excesiva de carbohidratos de reserva de tallos hacia granos en maíces de verano. A la derecha, tallos con enriado y presencia de signos de *Fusarium* spp. Experimentos controlados de manipulación de la relación fuente-destino durante el llenado de granos mediante sombreo y polinizaciones dirigidas y conducidos bajo condiciones hídricas y nutricionales potenciales en Manfredi, Córdoba (Eslava et al., 2008; Coria, 2010).

Estudios que generaron un estrés radiativo intenso durante el llenado demostraron que el peso de granos disminuyó hasta en un 65%, pero que existió variabilidad genotípica en la respuesta (Eslava, 2008). Por otro lado, el síndrome del quebrado de tallos y vuelco correlaciona con la aparición de síntomas de enfermedades del complejo de podredumbres del tallo (por ej. *Fusarium*), pero estos efectos no son causa sino consecuencia del desbalance fisiológico del cultivo (Figura 5). Por ejemplo, estudios manipulativos de la fuente-destino

demonstraron que la presencia de patógenos de las podredumbre del tallo (*Fusarium* spp.) fue mayor en plantas de maíz con excesiva y más temprana removilización de materia seca de tejidos de tallos. Cuando no existió removilización por falta de granos, los signos de los patógenos estuvieron ausentes (Eslava et al., 2008; Coria, 2010).

## **Interacciones entre la fecha de siembra y otras prácticas de manejo**

Las interacciones entre la fecha de siembra y otras prácticas de manejo pueden interpretarse a través de su efecto sobre la captura y la eficiencia del uso de radiación solar, factores que determinan la condición fisiológica del cultivo y la partición de asimilados hacia estructuras reproductivas en momentos críticos para la determinación del número de granos o durante el llenado. Entre los principales factores de manejo que interactúan significativamente con la fecha de siembra se pueden citar al genotipo en términos de diversos caracteres, entre ellos su precocidad, tipo de germoplasma, respuesta al estrés biótico y abiótico en general (Otegui et al., 1995; Cirilo et al., 2011; Rattalino Edreira and Otegui, 2012; Tsimba et al., 2013), y eficiencia en la absorción y uso del N (Cirilo et al., 2009; Caviglia et al., 2014). Otras importantes prácticas que interactúan con la fecha de siembra son la densidad de plantas (Cirilo et al., 2011) y la nutrición (Cirilo et al., 2009; Caviglia et al., 2014). En próximos capítulos, estos aspectos de manejo serán abordados específicamente.

Finalmente, es necesario destacar que debido a la importancia de la adopción de las siembras de verano, aún es necesario mejorar el conocimiento eco-fisiológico acerca de diversos aspectos, incluyendo i) la definición de ideotipos adaptados a nuevos escenarios climáticos y de manejo en siembras de verano (Cirilo et al., 2009; Casagrande and Zerpa, 2016; Santillán Hatala et al., 2016), y ii) una mejor comprensión de la magnitud del efecto de las interacciones entre ambientes, genotipos y prácticas de manejo como la densidad poblacional y el estado nutricional (Caviglia et al., 2014; Di Matteo et al., 2016; Gambin et al., 2016; Razquin et al., 2016).

## Aspectos a resaltar

Una mejor comprensión del funcionamiento fisiológico del maíz en relación a la capacidad potencial impuesta por el ambiente no sólo contribuye a elucidar mecanismos y entender la interacción de factores, sino que permite el diseño, selección y ajuste de prácticas de manejo para el uso eficiente de los insumos y una producción sustentable.

En fechas tardías, y dentro de ciertos rangos, la calidad ambiental en floración es buena (por Q y por disponibilidad hídrica) pero pobre durante el llenado de granos (radiación solar, nubosidad). Estos aspectos ambientales favorecen la captura y el uso de la radiación solar temprana pero pueden desbalancear la relación entre la demanda (por parte de los granos fijados) y la oferta de asimilados (provenientes de la fotosíntesis y de reservas en tallos y hojas).

Genotipos de alto potencial o de ciclos excesivamente largos, o manejos intensificados que conduzcan a alto número de granos pueden exacerbar la removilización de reservas de hojas y tallos, aumentando la susceptibilidad al quebrado de tallos y vuelco de plantas. Por ello, en estos casos, será necesario optimizar la relación fuente-destino a través de mejor ajuste entre prácticas de manejo.

## Referencias

- Aluko, G.K., Fischer, K.S., 1988. The effect of changes of assimilate supply around flowering on grain sink size and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivars of tropical and temperate adaptation. *Australian Journal of Agricultural Research* 39, 153-161.
- Andrade, F.H., 1992. Radiation and temperature determine maximum yields of maize. *Boletín Técnico Estación Experimental Agropecuaria, Balcarce*. 1992, No. 106, 16 pp.
- Andrade, F.H., 2016. Los desafíos de la agricultura. *International Plant Nutrition Institute (IPNI), Acassuso*.
- Andrade, F.H., Echarte, L., Rizzalli, R., Della Maggiora, A., Casanovas, M., 2002. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. *Crop Science* 42, 1173-1179.
- Andrade, F.H., Uhart, S.A., Arguissain, G.G., Ruiz, R.A., 1992. Radiation use efficiency of maize grown in a cool area. *Field Crops Research* 28, 345-354.
- Andrade, F.H., Uhart, S.A., Cirilo, A., 1993. Temperature affects radiation use efficiency in maize. *Field Crops Research* 32, 17-25.
- Andrade, F.H., Vega, C., Uhart, S., Cirilo, A., Cantarero, M., Valentinuz, O., 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Science* 39, 453-459.
- Aramburu Merlos, F., Monzon, J.P., Mercau, J.L., Taboada, M., Andrade, F.H., Hall, A.J., Jobbagy, E., Cassman, K.G., Grassini, P., 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Field Crops Research* 184, 145-154.
- Atkinson, D., Porter, J.R., 1996. Temperature, plant development and crop yields. *Trends in Plant Science* 1, 119-124.

- Birch, C.J., Hammer, G.L., Rickert, K.G., 1998a. Temperature and photoperiod sensitivity of development in five cultivars of maize (*Zea mays* L.) from emergence to tassel initiation. *Field Crops Research* 55, 93-107.
- Birch, C.J., Hammer, G.L., Rickert, K.G., 1999. Dry matter accumulation and distribution in five cultivars of maize (*Zea mays*): relationships and procedures for use in crop modelling. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 513-527.
- Birch, C.J., Rickert, K.G., Hammer, G.L., 1998b. Modelling leaf production and crop development in maize (*Zea mays* L.) after tassel initiation under diverse conditions of temperature and photoperiod. *Field Crops Research* 58, 81-95.
- Bonelli, L.E., Monzon, J.P., Cerrudo, A., Rizzalli, R.H., Andrade, F.H., 2016. Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crops Research* 198, 215-225.
- Bonhomme, R., Derieux, M., Kiniry, J.R., Edmeades, G.O., Ozier Lafontaine, H., 1991. Maize leaf number sensitivity in relation to photoperiod in multilocation field trials. *Agronomy Journal* 83, 153-157.
- Borrás, L., Otegui, M.E., 2001. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. *Crop Science* 41, 1816-1822.
- Borrás, L., Slafer, G.A., Otegui, M.E., 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research* 86, 131-146.
- Calviño, P., Monzon, J., 2009. Farming systems of Argentina: yield constraints and risk management. In: Sadras, V.O., Calderini, D.F. (Eds.), *Crop physiology: Applications for genetic improvement and agronomy*. Academic Press, pp. 55-70.



- Campana, M.J., 2013. Análisis de la determinación del rendimiento de maíz (*Zea mays* L.): variación de los componentes ecofisiológicos ante cambios en la competencia intra-específica. Centro Universitario Mediterráneo, IAP Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María, Villa María, Córdoba.
- Cantagallo, J.E., Chimenti, C.A., Hall, A.J., 1997. Number of seeds per unit area in Sunflower correlates well with a photothermal quotient. *Crop Science* 37, 1780-1786.
- Cantarero, M.G., Luque, S.F., Rubiolo, O.J., 2000. Effects of sowing date and plant density on grain number and yield of a maize hybrid in the central region of Cordoba, Argentina. *Agriscientia* 17, 3-10.
- Capristo, P.R., Rizzalli, R.H., Andrade, F.H., 2007. Ecophysiological Yield Components of Maize Hybrids with Contrasting Maturity. *Agron J* 99, 1111-1118.
- Cárcova, J., Borrás, L., Otegui, M.E., 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del maíz. In: Satorre, E.H., Benech Arnold, R.L., Slafer, G.A., de La Fuente, E.B., Miralles, J., Otegui, M., Savin, R. (Eds.), *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía, UBA., Bs. As., pp. 135-157.
- Casagrande, M.E., Zerpa, R.V., 2016. Variabilidad genotípica en la relación fuente-destino durante el llenado de granos de maíces sembrados en fechas tardías. Universidad Nacional de Villa María, Villa María.
- Caviglia, O.P., Melchiori, R.J.M., Sadras, V.O., 2014. Nitrogen utilization efficiency in maize as affected by hybrid and N rate in late-sown crops. *Field Crops Research* 168, 27-37.
- Cerrudo, A., Di Matteo, J., Fernandez, E., Robles, M., Pico, L.O., Andrade, F.H., 2013. Yield components of maize as affected by short shading periods and thinning. *Crop and Pasture Science* 64, 580-587.

- Cicchino, M., Rattalino Edreira, J.I., Uribelarrea, M., Otegui, M.E., 2010. Heat stress in field-grown maize: Response of physiological determinants of grain yield. *Crop Science* 50, 1438-1448.
- Cirilo, A.G., Actis, M., Andrade, F.H., Valentinuz, O.R., 2011. Crop management affects dry-milling quality of flint maize kernels. *Field Crops Research* 122, 140-150.
- Cirilo, A.G., Andrade, F.H., 1994a. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science* 34, 1039-1043.
- Cirilo, A.G., Andrade, F.H., 1994b. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Crop Science* 34, 1044-1046.
- Cirilo, A.G., Dardanelli, J., Balzarini, M., Andrade, F.H., Cantarero, M., Luque, S., Pedrol, H.M., 2009. Morpho-physiological traits associated with maize crop adaptations to environments differing in nitrogen availability. *Field Crops Research* 113, 116-124.
- Colotti Pioli, N.R., 2012. Competencia intra-específica en maíz (*Zea mays*, L): efectos sobre el índice de área foliar, materia seca y el rendimiento. Centro Universitario Mediterráneo, IAP Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María, Villa María, Córdoba, p. 59.
- Commuri, P.D., Jones, R.J., 2001. High Temperatures during Endosperm Cell Division in Maize: A Genotypic Comparison under In Vitro and Field Conditions. *Crop Sci* 41, 1122-1130.
- Coria, S., 2010. Dinámica temporal de la aparición de signos de podredumbre y enriado del tallo en genotipos de Maíz (*Zea mays* L.) que difieren en su tolerancia al quebrado y vuelco Centro Universitario Mediterráneo, IAP Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María, Villa María, Córdoba.



- Chen, K., Camberato, J.J., Tuinstra, M.R., Kumudini, S.V., Tollenaar, M., Vyn, T.J., 2016. Genetic improvement in density and nitrogen stress tolerance traits over 38 years of commercial maize hybrid release. *Field Crops Research* 196, 438-451.
- Deryng, D., Conway, D., Ramankutty, N., Price, J., Warren, R., 2014. Global crop yield response to extreme heat stress under multiple climate change futures. *Environmental Research Letters* 9, Article number 034011.
- Di Matteo, J.A., Ferreyra, J.M., Cerrudo, A.A., Echarte, L., Andrade, F.H., 2016. Yield potential and yield stability of Argentine maize hybrids over 45 years of breeding. *Field Crops Research* 197, 107-116.
- Earl, H.J., Davis, R.F., 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal* 95, 688-696.
- Early, E.B., McIlrath, W.O., Seif, R.D., Hageman, R.H., 1967. Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L.) production. *Crop Science* 7, 151-156.
- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R., Mearns, L.O., 2000. Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science* 289, 2068-2074.
- Echarte, L., Andrade, F.H., Sadras, V.O., Abbate, P., 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Research* 96, 307-312.
- Echarte, L., Andrade, F.H., Vega, C.R.C., Tollenaar, M., 2004. Kernel number determination in Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. *Crop Science* 44, 1654-1661.
- Egli, D.B., 1998. Seed biology and the yield of grain crops. CAB International, Oxford.

- Eslava, F., 2008. Análisis del quebrado y vuelco en maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes relaciones fuente/destino durante el llenado de granos. Centro Universitario Mediterráneo, IAP Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María, Villa María, Córdoba, p. 48.
- Eslava, F., Vega, C.R.C., Vargas Gil, S., March, G., 2008. Relación fuente/destino durante el llenado de granos y expresión de signos de la podredumbre del tallo en maíz. In: Asociación Argentina de Fitopatólogos (Ed.), Primer Congreso Argentino de Fitopatología, Córdoba, p. 148 (382).
- Fischer, R.A., 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Sciences* 105, 447-461.
- Florio, E.L., Mercau, J.L., Jobbágy, E.G., Nosetto, M.D., 2014. Interactive effects of water-table depth, rainfall variation, and sowing date on maize production in the Western Pampas. *Agricultural Water Management* 146, 75-83.
- Fonseca, A.E., Westgate, M.E., 2005. Relationship between desiccation and viability of maize pollen. *Field Crops Research* 94, 114-125.
- Gabaldón-Leal, C., Lorite, I.J., Mínguez, M.I., Lizaso, J.I., Dosio, A., Sanchez, E., Ruiz-Ramos, M., 2015. Strategies for adapting maize to climate change and extreme temperatures in Andalusia, Spain. *Climate Research* 65, 159-173.
- Gambin, B.L., Coyos, T., Di Mauro, G., Borrás, L., Garibaldi, L.A., 2016. Exploring genotype, management, and environmental variables influencing grain yield of late-sown maize in central Argentina. *Agricultural Systems* 146, 11-19.
- Giauffret, C., Lothrop, J., Dorvillez, D., Gouesnard, B., Derieux, M., 2000. Genotype x environment interactions in maize hybrids from temperate or highland tropical origin. *Crop Science*, 1004-1012.

- Giménez, R., Mercau, J.L., Houspanossian, J., Jobbágy, E.G., 2015. Balancing agricultural and hydrologic risk in farming systems of the Chaco plains. *Journal of Arid Environments* 123, 81-92.
- Hall, A.J., Lemcoff, J.H., Trapani, N., 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants. *Maydica* 26, 19-38.
- Hawkins, R.C., Cooper, P.J., 1981. Growth, development and grain yield of maize. *Experimental Agriculture* 17, 203-207.
- Holzkämper, A., Calanca, P., Fuhrer, J., 2013. Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology* 168, 149-159.
- Iizumi, T., Sakurai, G., Yokozawa, M., 2014. Contributions of historical changes in sowing date and climate to U.S. maize yield trend: An evaluation using large-area crop modeling and data assimilation. *Journal of Agricultural Meteorology* 70, 73-90.
- Kim, S.H., Yang, Y., Timlin, D.J., Fleisher, D.H., Dathe, A., Reddy, V.R., Staver, K., 2012. Modeling temperature responses of leaf growth, development, and biomass in Maize with MAIZSIM. *Agronomy Journal* 104, 1523-1537.
- Kiniry, J.R., Bean, B., Xie, Y., Chen, P.-Y., 2004. Maize yield potential: Critical processes and simulation modeling in a high-yielding environment. *Agricultural Systems* 82, 45-56.
- Kiniry, J.R., Hanks, J., Richie, J.T., 1991. Maize phasic development. Modeling plant and soil systems. 1991, 55 70; *Agronomy No. 31*; 30 ref. American Society of Agronomy Inc., Madison; USA.
- Kiniry, J.R., Jones, C.A., O'Toole, J.C., Blanchet, R., Cabelguenne, M., Spanel, D.A., 1989. Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop species. *Field Crops Research* 20, 51-64.

- Kiniry, J.R., Landivar, J.A., Witt, M., Gerik, T.J., Caverro, J., Wade, L.J., 1998. Radiation-use efficiency response to vapor pressure deficit for maize and sorghum. *Field Crops Research* 56, 265–270.
- Lafitte, H.R., Edmeades, G.O., 1997. Temperature effects on radiation use and biomass partitioning in diverse tropical maize cultivars. *Field Crops Research* 49, 231-247.
- Lindquist, J.L., Arkebauer, T.J., Walters, D.T., Cassman, K.G., Dobermann, A., 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy Journal* 97, 72-78.
- Liu, Z., Hubbard, K.G., Lin, X., Yang, X., 2013. Negative effects of climate warming on maize yield are reversed by the changing of sowing date and cultivar selection in Northeast China. *Global Change Biology* 19, 3481-3492.
- Maddonni, G.A., 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 325-345.
- Maddonni, G.A., Otegui, M.E., 1996. Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crops Research* 48, 81-87.
- Maddonni, G.A., Otegui, M.E., Bonhomme, R., 1998. Grain yield components in maize II. Post silking growth and kernel weight. *Field Crops Research* 56, 257-264.
- Magliano, P.N., Fernández, R.J., Mercau, J.L., Jobbágy, E.G., 2014. Precipitation event distribution in Central Argentina: Spatial and temporal patterns. *Ecohydrology* 8 (1), 94-104.
- Mercau, J.L., Otegui, M.E., 2014. A Modeling Approach to Explore Water Management Strategies for Late-Sown Maize and Double-Cropped Wheat–Maize in the Rainfed Pampas Region of Argentina. *Practical Applications of Agricultural System Models to Optimize*

the Use of Limited Water. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, pp. 351-374.

— Monteith, J.L., Moss, R.B., 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 281, 277-294.

— Muchow, R.C., 1994. Effect of nitrogen on yield determination in irrigated maize in tropical and subtropical environments. *Field Crops Research* 38, 1-13.

— Neiff, N., Trachsel, S., Valentinuz, O.R., Balbi, C.N., Andrade, F.H., 2016. High temperatures around flowering in maize: Effects on photosynthesis and grain yield in three genotypes. *Crop Science* 56, 2702-2712.

— Otegui, M.E., Melón, S., 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of Maize: I. Sowing dates effects. *Crop Science* 37, 441-447.

— Otegui, M.E., Nicolini, M.G., Ruiz, R., Dodds, P.A., 1995. Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agronomy Journal* 87, 29-33.

— Otegui, M.E., Poppa, G., Bonhomme, R., 1996. A photothermal quotient improves kernel set prediction in maize. *Congr. Eur. Soc. Agron., 4th. European Society for Agronomy, Colmar (France), Veldhoven-Wageningen, Netherlands*, pp. 190-191.

— Padilla, J.M., Otegui, M.E., 2004. Efecto de las temperaturas subóptimas sobre la dinámica de la emergencia a campo de un híbrido de maíz. In: *Vegetal*, S.S.A.d.F. (Ed.), XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, Santa Rosa, La Pampa.

— Padilla, J.M., Otegui, M.E., 2005. Co-ordination between leaf initiation and leaf appearance in field-grown maize (*Zea mays*): Genotypic differences in response of rates to temperature. *Annals of Botany* 96, 997-1007.

- Plénet, D., Mollier, A., Pellerin, S., 2000. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation-use efficiency, biomass accumulation and yield components. *Plant and Soil* 224, 259-272.
- Poggio, S.L., Satorre, E.H., Dethiou, S., Gonzalo, G.M., 2005. Pod and seed numbers as a function of photothermal quotient during the seed set period of field pea (*Pisum sativum*) crops. *European Journal of Agronomy* 22, 55-69.
- Prine, G.M., 1971. A critical period for ear development in maize. *Crop. Sci.* 11, 782-786.
- Rattalino Edreira, J.I., Otegui, M.E., 2012. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research* 130, 87-98.
- Razquin, C., Vega, C.R.C., 2007. Respuesta de poblaciones de maíz a incrementos de la competencia intraespecífica por alta densidad de plantas y fechas de siembra. In: Kruk, B., Serrago, R. (Eds.), *Workshop Internacional. Eco Fisiología Vegetal Aplicada al Estudio de la Determinación del Rendimiento y la Calidad de los Cultivos de Granos*. FA-UBA; INTA; FCA-UNMDP, Mar del Plata, pp. 32-33.
- Razquin, C.J., Maddonni, G.A., Vega, C.R.C., 2016. Estabilidad de la eficiencia en el uso de la radiación solar durante el llenado de granos en maíz (*Zea mays*, l.) cultivado en fecha de siembra tardía. In: SAFV (Ed.), *XXXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal*, Corrientes, p. 127.
- Rodriguez, D., Sadras, V.O., 2007. The limit to wheat water-use efficiency in eastern Australia. I. Gradients in the radiation environment and atmospheric demand. *Australian Journal of Agricultural Research* 58, 287-302.
- Romani, M.R., 2016. Efecto de la época de siembra y la densidad poblacional sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento de híbridos de maíz con germoplasma tropical,

tropical x templado y templado en el área de riego del Río Dulce, Santiago del Estero. . Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano, FAUBA. Buenos Aires, Bs. As., p. 125.

— Rose, G., Osborne, T., Greatrex, H., Wheeler, T., 2016. Impact of progressive global warming on the global-scale yield of maize and soybean. *Climatic Change* 134, 417-428.

— Ruiz-Corral, J.A., Sánchez G, J.J., Goodman, M.M., 1998. Base temperature and heat unit requirement of 49 Mexican maize races. *Maydica* 43, 277-282.

— Santillán Hatala, A.C., Ogando, F.A., Raspa, F.A., Incógnito, S.J.P., Maddonni, G.A., López, C.G., Vega, C.R.C., 2016. Variabilidad genotípica en el proceso de removilización de biomasa y su asociación con el rendimiento en el cultivo de maíz. XXXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, Corrientes, p. 131.

— Senthilkumar, K., Bergez, J.E., Leenhardt, D., 2015. Can farmers use maize earliness choice and sowing dates to cope with future water scarcity? A modelling approach applied to south-western France. *Agricultural Water Management* 152, 125-134.

— Stockle, C.O., Kiniry, J.R., 1990. Variability in crop radiation-use efficiency associated with vapor-pressure deficit. *Field Crops Research* 25, 171-181.

— Tao, F., Zhang, Z., Zhang, S., Rötter, R.P., Shi, W., Xiao, D., Liu, Y., Wang, M., Liu, F., Zhang, H., 2016. Historical data provide new insights into response and adaptation of maize production systems to climate change/variability in China. *Field Crops Research* 185, 1-11.

— Tardieu, F., Granier, C., Muller, B., 1999. Modelling leaf expansion in a fluctuating environment: Are changes in specific leaf area a consequence of changes in expansion rate? *New Phytologist* 143, 33-43.

— Teixeira, E.I., Fischer, G., Van Velthuizen, H., Walter, C., Ewert, F., 2013. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest*

Meteorology 170, 206-215.

— Tsimba, R., Edmeades, G.O., Millner, J.P., Kemp, P.D., 2013. The effect of planting date on maize grain yields and yield components. *Field Crops Research* 150, 135-144.

— Uhart, S.A., Andrade, F.H., 1991. Source-sink relationship in maize grown in a cool temperate area. *Agronomie* 11, 863-875.

— Uhart, S.A., Andrade, F.H., 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science* 35, 1384-1389.

— Viglizzo, E.F., Frank, F.C., Carreño, L.V., Jobbágy, E.G., Pereyra, H., Clatt, J., Pincén, D., Ricard, M.F., 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology* 17, 959-973.

— Wilson, D.R., Muchow, R.C., Murgatroyd, C.J., 1995. Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in a cool climate. *Field Crops Research* 43, 1-18.

— Ying, J., Lee, E.A., Tollenaar, M., 2000. Response of maize leaf photosynthesis to low temperature during the grain-filling period. *Field Crops Research* 68, 87-96.

— Zhou, B., Yue, Y., Sun, X., Ding, Z., Ma, W., Zhao, M., 2016. Maize kernel weight responses to sowing date-associated variation in weather conditions. *The Crop Journal* Available online 24 September 2016, ISSN 2214-5141.

— Zinselmeier, C., Westgate, M.E., 2000. Carbohydrate metabolism in setting and aborting maize ovaries. In: Westgate, M.E., Boote, K.J. (Eds.), *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize*. CSSA and ASA, Madison, WI, pp. 1-13.



# — Progreso genético de maíz en Argentina: efecto de la fecha de siembra

## AUTORES

**Alfredo G. Cirilo**

—  
INTA EEA Pergamino  
E: cirilo.alfredo@inta.gob.ar

**María E. Otegui**

—  
Facultad de Agronomía  
Universidad de Buenos Aires

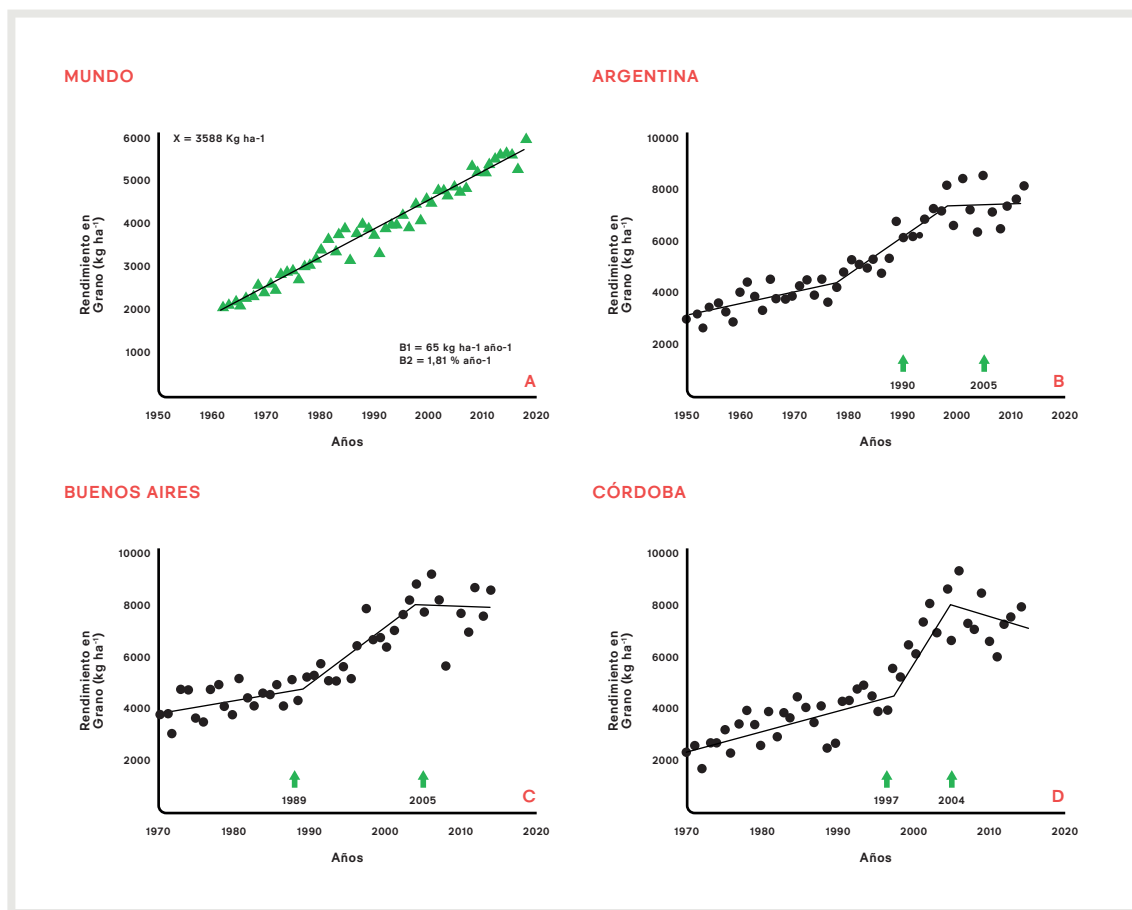
## Tendencias y requerimientos de rendimiento en maíz

El maíz es uno de los principales cereales que sustenta la alimentación humana a nivel mundial (FAO, 2015). El rendimiento en grano (RG) en esta especie a nivel mundial aumentó de manera sostenida en los últimos 50 años (Fig. 1a), estimándose una tasa de ganancia global (incluye mejoras genéticas y de manejo agronómico) de 1,6% anual (Ray et al., 2013). Si bien esta ganancia es la más alta entre los principales cultivos extensivos para grano, la brecha respecto al incremento requerido para satisfacer la demanda mundial hacia el 2050 (2,4% por año; Ray et al., 2013) es muy grande, siendo difícil imaginar una mejora tal que permita acortarla (Hall y Richards, 2013). En este sentido, la adopción de cultivos transgénicos sólo contribuyó a sostener el porcentaje de ganancia, ya que el mismo tiende a declinar a medida que el rendimiento medio aumenta (Otegui et al., 2015). En consecuencia, los aumentos requeridos de producción deberán venir de la mano de aumentos sustanciales del RG, tanto producto del mejoramiento genético como de mejoras en las prácticas de manejo (Tilman et al., 2011), con el fin de optimizar el uso de la tierra hoy destinada a la agricultura si no se quiere continuar avanzando la frontera agrícola hacia ambientes considerados frágiles (Viglizzo et al. 2007). Este último aspecto conlleva tanto la intensificación de la producción como también el logro de mayor estabilidad interanual en los rendimientos, especialmente tendiente a evitar años con fuertes disminuciones.

En el caso de Argentina se ha registrado un aumento sostenido en el RG del cultivo de maíz, con valores medios de 117 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (2,58% anual) para el período 1970-2015. Esta tendencia, sin embargo, no fue uniforme. Se registraron aumentos (63-198 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, según el período) hasta el año 2005, momento a partir del cual se verificó un marcado estancamiento en el RG (Fig. 1b). Esta respuesta coincide con una fuerte adopción de maíces de siembra tardía en las principales provincias productoras de este cereal (Fig. 1c y 1d). Se busca así aprovechar la mayor estabilidad de RG de estas siembras asociada a un balance hídrico más favorable (Mercau y Otegui, 2014), a pesar de su menor potencial rendimiento (Cirilo y Andrade, 1994; Otegui et al., 1995)

## Mejoramiento genético: ganancia de rendimiento y efecto sobre rasgos secundarios

Los programas de mejoramiento genético de maíz han puesto énfasis en la evaluación de germoplasma en redes amplias de ensayo con el objetivo de seleccionar materiales con mayor tolerancia general al estrés abiótico (Tollenaar y Lee, 2002), principalmente por déficit hídrico (Cooper et al., 2014). En la zona núcleo Pampeana (i.e. norte de Buenos Aires



**Figura 1.** Evolución del rendimiento en grano de maíz a nivel mundial (a), en Argentina (b) y en las principales provincias productoras de Argentina (c-d). En la figura (a) se indica el valor promedio y la ganancia global del período considerado, tanto en términos absolutos ( $b_1$ ) como porcentuales ( $b_2 = b_1 \times 100 / x$ ). Las flechas en b-d indican los años en que se registró un cambio en la pendiente según los modelos tri-lineales ajustados. Los valores de pendiente en cada fase fueron 63, 198 y 11 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en (b), 46, 214 y -10 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en (c), y 78, 473 y -86 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> en (d). Datos obtenidos de (a) FAO (2015), y (b-d) Minagri (2015).

y sur de Santa Fe), donde se asientan los programas de mejora genética de las empresas con mayor participación en el mercado local, dichos esfuerzos se orientaron a la obtención de híbridos con comportamiento superior en fechas de siembra tempranas (Septiembre-Octubre). Para estas condiciones, los estudios de ganancia genética estimaron valores entre 105 y 249 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Eyhérabide et al., 1992; Eyhérabide y Damilano, 2001). Hasta la aparición en 1997 de maíces transgénicos con protección contra insectos, la siembra anticipada de maíz buscó escapar al déficit hídrico estival adelantando la floración y evitar la incidencia de plagas animales que se acrecienta con el retraso de la siembra (Andrade et al., 1996). La introducción de la tecnología Bt eliminó esta última restricción, habilitando la fuerte adopción de siembras tardías que permiten al cultivo explorar los

RASGOS	PROGRESO GENÉTICO 1	PROGRESO GENÉTICO 2
Rendimiento en grano	1,04% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,607***	0,80% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,581***
Número de granos por m <sup>2</sup>	1,13% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,417***	0,94% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,294*
Peso individual del grano	-0,12% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,019 (ns)	-0,21% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,042 (ns)
Biomasa total a madurez	0,45% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,449***	0,80% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,581***
Índice de cosecha	0,61% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,457***	0,46% año <sup>-1</sup> , r <sup>2</sup> = 0,302***

\*,\*\*,\*\*\* indica P ≤ 0,05, 0,01 y 0,001, respectivamente. ns: no significativo.

**Tabla 1.** Progreso genético estimado para el rendimiento en grano de maíz, sus componentes numéricos (número y peso individual del grano) y sus determinantes fisiológicos (biomasa a madurez e índice de cosecha) para un conjunto de híbridos de maíz liberados entre 1965 y 2012. La estimación incluye todos los híbridos evaluados (n= 29; Progreso genético 1) o sólo los híbridos simples (n= 19; Progreso genético 2) incluidos en los experimentos de Luque et al. (2006), D'Andrea et al. (2008) y Policastro Basallo et al. (2016).

Cuando se analizan los efectos del mejoramiento genético tanto sobre el RG como sobre sus determinantes fisiológicos y componentes numéricos (Tabla 1), se observa que el mismo provocó aumentos en la producción de biomasa total, el índice de cosecha (proporción de la biomasa total aérea que es cosechada como granos) y el número de granos por unidad de superficie, sin cambios en el peso individual del grano. Un aspecto destacado es el menor progreso genético que se registra tanto para el RG como para la mayoría de los rasgos secundarios evaluados cuando en el análisis sólo se incluyen los híbridos simples (i.e. comparando genotipos con similar nivel de vigor híbrido), que predominan en el mercado desde la década del 2000.

mejores balances hídricos ya mencionados (Mercau y Otegui, 2014).

Considerando el conjunto de todos los híbridos evaluados, el progreso genético (1,04 % anual) representa un 40% de la mejora total de rendimiento. Pero si sólo se tiene en cuenta los híbridos simples, dicho progreso representa el 31%. El resto sería atribuible a mejoras de manejo y a interacciones Genética × Manejo.

## Mejoramiento genético y fecha de siembra

Los resultados comentados (Tabla 1) corresponden a cultivos creciendo en condiciones potenciales (siembras tempranas, sin restricciones abióticas ni bióticas). Se desconoce, sin embargo, el efecto del mejoramiento genético para los ambientes que exploran las siembras tardías. En INTA Pergamino se están conduciendo actualmente trabajos que incluyen híbridos simples de una misma empresa, representativos de diferentes épocas del mejoramiento (liberados desde 1980), creciendo bajo riego en un rango amplio de densidades (60000-120000 plantas ha<sup>-1</sup>) y en épocas de siembra contrastantes (Octubre y Diciembre). Los resultados preliminares indican que el efecto de la mejora genética para RG es reducido para híbridos simples en siembras tempranas (0,57 % año<sup>-1</sup>), en concordancia con los antecedentes ya comentados (Tabla 1). Cabe destacar

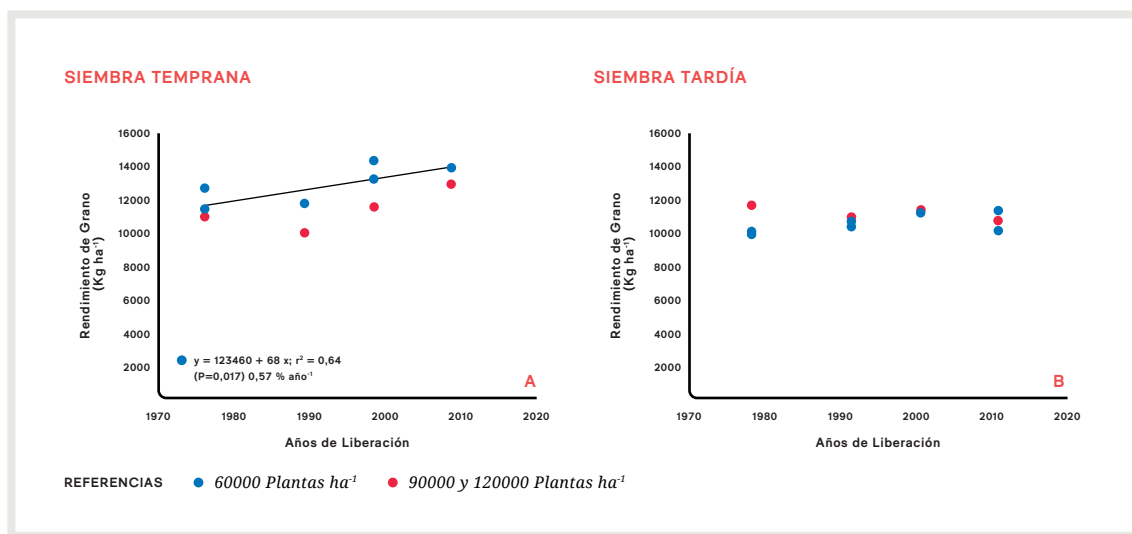
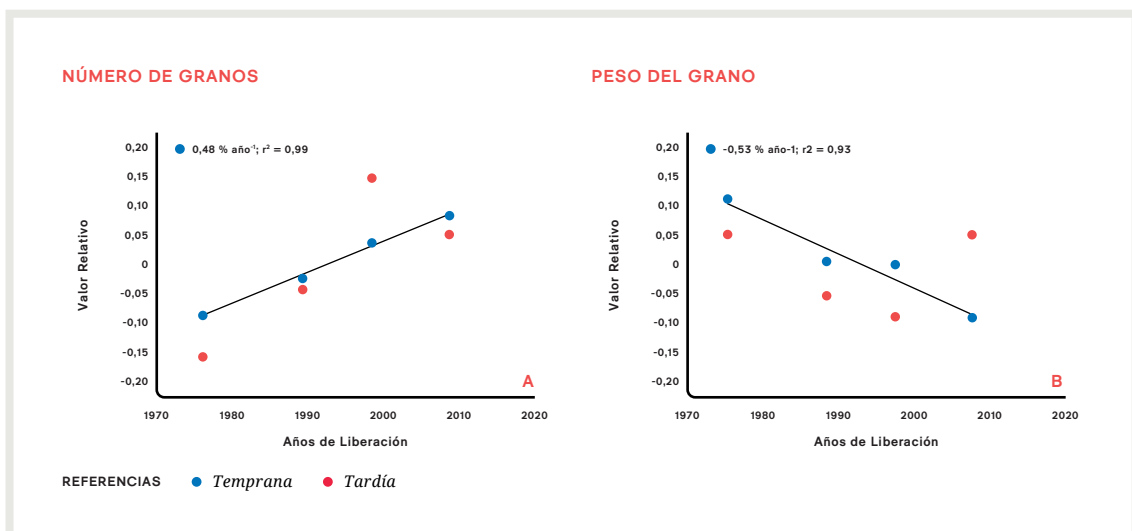


Figura 2. Efecto del mejoramiento genético para rendimiento en grano de maíz cultivado bajo riego en Pergamino en siembras tempranas (a) y tardías (b). En cada fecha de siembra se evaluaron tres densidades de plantas.

El análisis de los rasgos secundarios asociados a las tendencias observadas en RG para este conjunto acotado de híbridos reveló que se sostiene la tendencia a un aumento en el número de granos por m<sup>2</sup> como consecuencia del mejoramiento genético (Fig. 3a). Sin embargo, las mejoras del número de granos estuvieron acompañadas por una tendencia negativa en el peso individual del grano en siembras tardías (Fig. 3b). Esta compensación entre ambos componentes numéricos explicaría la ausencia de cambios en el RG entre híbridos de diferente época del mejoramiento al atrasar la fecha de siembra (Fig. 2b). Estos resultados sugieren una insuficiente capacidad del cultivo para atender el llenado de los granos en las condiciones de oferta ambiental declinante propia de las siembras tardías (Cirilo y Andrade, 1996; Borrás et al., 2004). Estos indicios alertan sobre la necesidad de atender esta deficiencia en los programas de mejoramiento para la obtención de híbridos



**Figura 3.** Efecto del mejoramiento genético sobre (a) el número de granos por m<sup>2</sup>, y (b) el peso individual del grano. Los datos corresponden a híbridos simples de maíz cultivados en Pergamino en siembra temprana y tardía. Los valores están expresados en términos relativos al valor medio de cada experimento para una densidad de 9 plantas m<sup>-2</sup>. Los modelos ajustados ( $P < 0,05$ ) corresponden a la siembra tardía.

## Conclusiones

La ganancia global de rendimiento en grano del cultivo de maíz en Argentina ha sido en promedio de 117 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (2,58% anual) para el período 1970-2015, pero la mejora registrada en la última década fue casi nula (0,16% anual). Si bien la tendencia descrita no fue uniforme en todo el país, las principales provincias productoras (Buenos Aires y Córdoba) definieron el patrón general. Este cambio coincide con la fuerte adopción de maíz tardío.

Los estudios de progreso genético conducidos en Pergamino indican una mejora de 1,04% anual para híbridos liberados entre 1965 y 2012, que disminuye a 0,80% anual cuando sólo se consideran híbridos simples. Estas mejoras representan 40% y 31%, respectivamente, de la ganancia global de rendimiento de maíz en Argentina.

Tanto los determinantes fisiológicos del rendimiento como sus componentes numéricos registraron mejoras genéticas en siembras tempranas. En estudios recientes, con híbridos simples liberados desde 1980, el progreso genético cae a niveles casi nulos en siembras tardías, debido a que la reducción en el peso individual del grano que se registra en estas siembras compensa la mejora del número de granos.

## Bibliografía

- Andrade F.H., Cirilo, A.G., Uhart, S., Otegui, M.E., 1996. *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. Editorial La Barrosa-EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press. Buenos Aires. 292 pp.
- Borrás, L., Slafer, G.A., Otegui, M.E., 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean. A quantitative reappraisal. *Field Crops Res.* 83, 131-146.
- Cirilo, A.G., Andrade F.H., 1994. Sowing date and maize productivity. I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Sci.* 34, 1039-1043.
- Cirilo, A.G., Andrade F.H., 1996. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Sci.* 36, 325-331.
- Cooper, M., Gho, C., Leafgren, R., Tang, T., Messina, C., 2014. Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product. *J.Exp.Bot.* 65, 6191-6204.
- D’Andrea, K.E., Otegui, M.E., Cirilo, G.A., 2008. Kernel number determination differs among maize hybrids in response to nitrogen. *Field Crops Res.* 105, 228-239.
- Eyhéabide, G., Damilano, A., Colazo, J., Van Becelaere, A.F., Sans, R., 1992. Ganancia genética en rendimiento de grano de maíz en Argentina desde 1979 hasta 1991. En: *Asoc. Ing. Agr. del Norte de la Prov. de Buenos Aires (Eds.), Actas V Congreso Nacional de Maíz*. Pergamino, Argentina, pp. 70–78.
- Eyhéabide, G., Damilano, A., 2001. Evolución de la ganancia genética en rendimiento de grano de maíz en Argentina entre 1979 y 1998. En: *Asoc. Ing. Agr. del Norte de la Prov. de Buenos Aires (Eds.), Actas VII Congreso Nacional de Maíz*. Pergamino, Argentina, p. 45.
- FAO, 2015. <http://www.fao.org>



- Hall, A.J., Richards, R.A., 2013. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Res.* 143, 18–33.
- Luque, S.F., Cirilo, A.G., Otegui, M.E., 2006. Genetic gains in grain yield and related physiological attributes in Argentine maize hybrids. *Field Crops Res.* 95, 383-397.
- Mercau, J.L., Otegui, M.E., 2014. A modeling approach to explore water management strategies for late-sown maize and double-cropped wheat-maize in the rain-fed Pampas region of Argentina. En: Lajpat Ahuja, Liwang Ma, Robert Lascano (Eds), 'Advances in Agricultural Systems Modeling'. ASA-CSSA-SSSA, Baltimore, EEUU. pp. 351-374.
- Minagri, 2015. <http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/>
- Otegui, M.E., Nicolini, M.G., Ruiz, R.A., Dodds, P., 1995. Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agron. J.* 87, 29-33.
- Otegui, M.E., Borrás, L., Maddonni, G.A., 2015. Crop phenotyping for physiological breeding in grain crops: a case study for maize. En: V.O. Sadras, D.F. Calderini (Eds), 'Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement, Agronomy and Farming Systems'. Elsevier, Netherlands. pp. 375-393.
- Policastro Basallo, F., D'Andrea, K., Cirilo, A., Otegui, M.E., 2016. Progreso genético en maíz: análisis del rendimiento en grano y sus determinantes fisiológicos. *Actas XXXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal*. Corrientes, Argentina. p. 91.
- Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., Foley, J.A., 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS One* 8, 1–8.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J, Befort, B.L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *PNAS* 108, 20260-20264.

# — Fecha de siembra y eficiencia en el uso de los recursos

## AUTORES

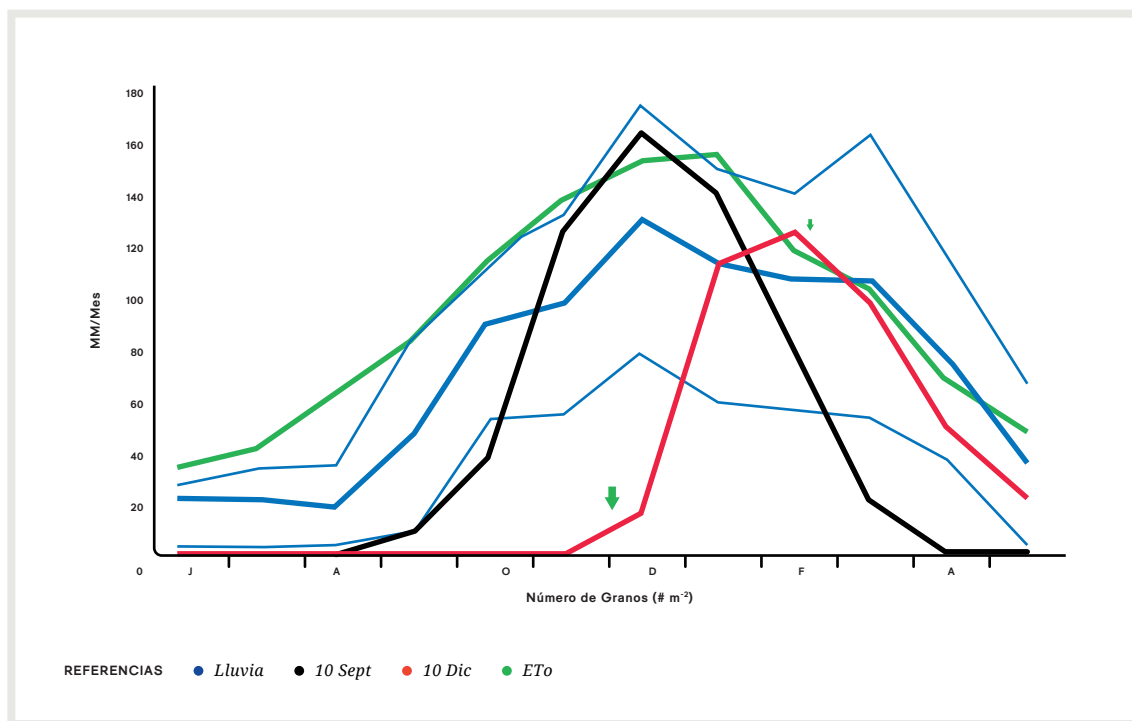
**Jorge L. Mercau**

—

INTA San Luis.

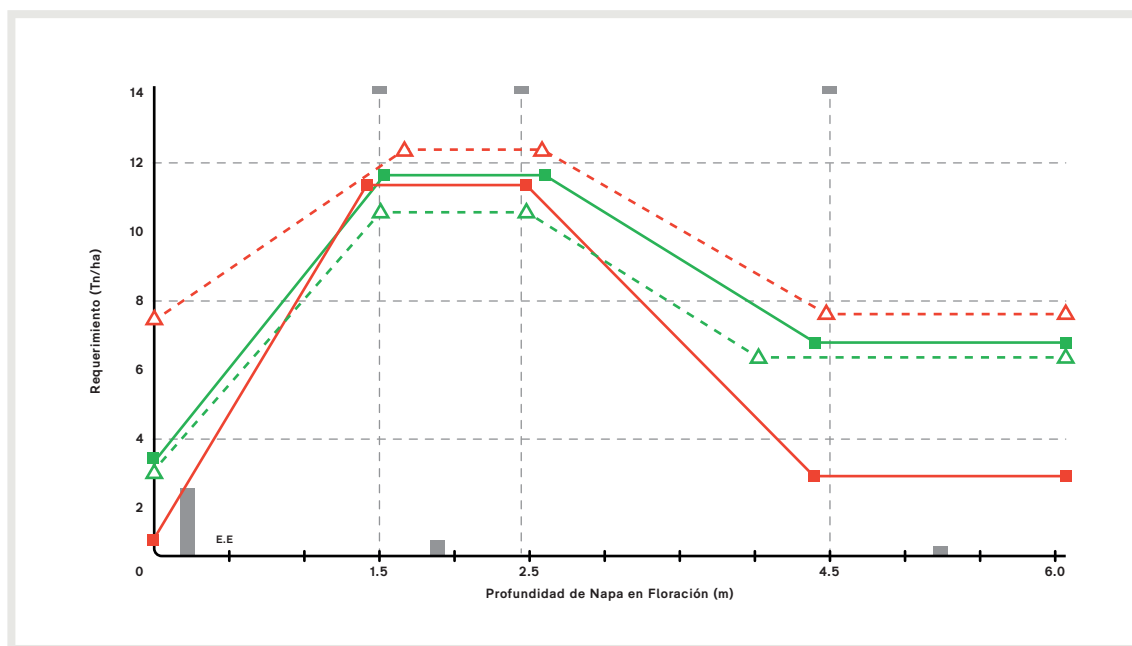
E: [jorgemercau@gmail.com](mailto:jorgemercau@gmail.com)

La fecha de siembra de maíz es una herramienta clave para gestionar en forma eficiente el uso del agua y del nitrógeno. Dentro de la estación donde se puede cultivar maíz en las regiones productoras de Argentina, decidir sembrar temprano, desde agosto en el norte a octubre en el sur y centro oeste, o tarde, desde fin de noviembre al sur y centro oeste hasta enero en el norte, modifica sustancialmente el balance entre oferta y demanda de agua. Las siembras tempranas tienen mayor demanda potencial de agua que las tardías, y si las lluvias, o el riego, son suficientes, logran un consumo mayor (Figura 1). Los principales cambios en esta dinámica por demorar la siembra son I) permitir la recarga del perfil del suelo con las lluvias de la primavera durante un barbecho o en etapas tempranas del ciclo y II) reducir la demanda de agua en las etapas críticas del ciclo donde se fija el número de granos y comienza el llenado efectivo de los mismos. Esos cambios posicionan a la siembra tardía como una muy buena estrategia para minimizar los daños por sequía (Otegui et al. 2002).



**Figura 1.** Distribución histórica mensual de las lluvias (líneas azules) medias (líneas gruesas) y percentiles 20 y 80 (líneas finas), evapotranspiración potencial del cultivo de referencia (línea fucsia), del maíz temprano (línea negra) y del tardío (línea roja) para Marcos Juárez, Córdoba (1971-2015). Las flechas verdes resaltan las etapas donde la siembra tardía favorece la recarga del perfil y reduce la demanda en el período crítico.

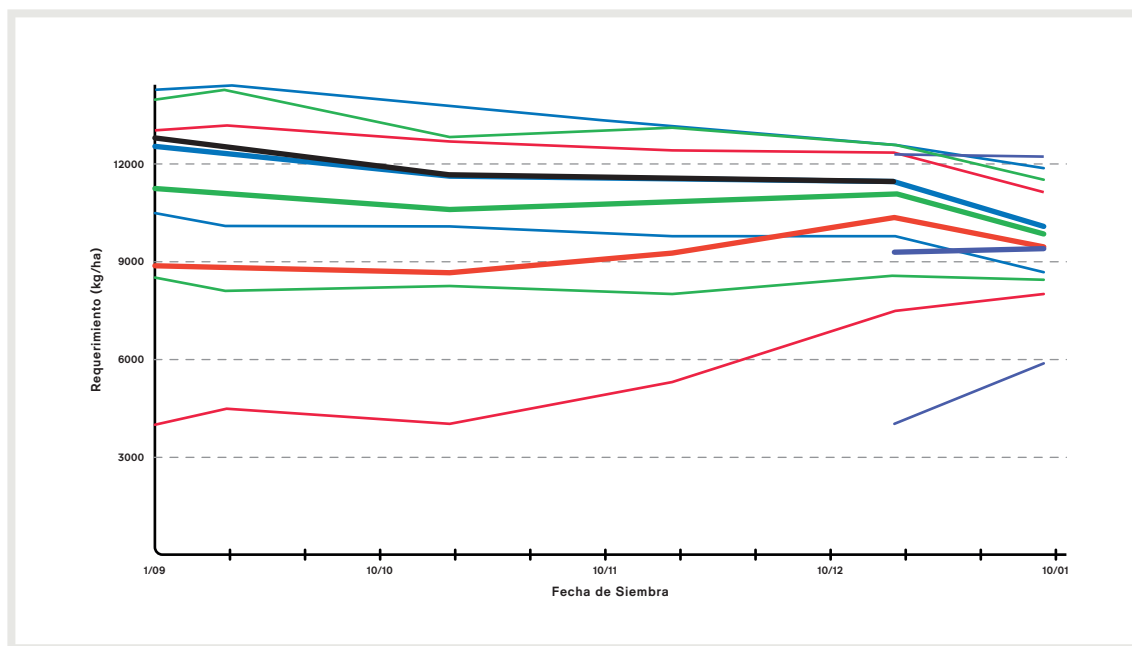
La siembra tardía de maíz reduce la exposición de un planteo de producción al daño que puede generar una reducción en la oferta de agua en el período crítico del cultivo. En Vicuña Mackena, dentro de la región semiárida, cuando una napa freática no salina se encuentra entre 1.5 y 2.5 m. de profundidad, el rendimiento de maíz en siembras tempranas y tardías promedia ca. 12 tn., con independencia de las lluvias en el período crítico del cultivo (Florio et al 2014, Figura 2). La capacidad del sistema radical del maíz de extraer agua de la napa supera la demanda haciendo insensible el cultivo a la variabilidad de las lluvias. En cambio, cuando la napa se ubica a más de 4.5 mts las raíces prácticamente no son capaces de consumir agua de la misma. En esa región, en ambientes con napa profunda para años donde llueve relativamente bien en el período crítico de siembras tempranas o tardías el rendimiento promedia ca. 7 tn. En años con lluvias escasas el rendimiento se mantiene en esos niveles en siembras tardías pero cae a menos de la mitad, ca.3 tn en siembras tempranas(a la derecha de la Figura 2). Cuando la napa estuvo a menos de 1.5 mts, el rendimiento en ambas fechas de siembra fue menor por el efecto de la anoxia sobre las raíces. De igual forma, aún en zonas húmedas, el efecto de las



**Figura 2.** Rendimiento cosechado de maíz temprano (líneas llenas) y tardío (líneas rayadas) en años con lluvias abundantes (líneas verdes) o escasas en el período crítico (líneas rojas) en función de la profundidad de la napa freática en floración para 7 campañas en 13 lotes de Vicuña Mackena, Córdoba, a partir de datos de monitor de rendimiento. Las barras indican el error estándar de los datos de rendimiento en cada profundidad y de las profundidades de cambio de pendiente. Datos publicados en Florio et al. 2014.

siembras tardías en los años secos varía con el tipo de suelo (Ermácora et al 2016). En los años con lluvias escasas que generan bajos rendimientos en las siembras tempranas, las siembras tardías alcanzan mayor rendimiento en cualquier ambiente. En años donde las lluvias permiten alcanzar un buen rendimiento en siembras tempranas sobre suelos sin impedancias, el uso de siembras tardías reduce el rendimiento. Sin embargo, sobre suelos con un horizonte B pesado y potente, que dificulta el ingreso y uso del agua desde el suelo, las siembras tardías siguen superando a las tempranas aún en esos buenos años.

Adaptar la estrategia de cultivos a la variabilidad esperable en la oferta hídrica en el período crítico del cultivo permite moderar distintas fuentes de riesgo en los sistemas de producción. En Marcos Juárez, zona subhúmeda, se simuló el cultivo maíz con una versión modificada del modelo matemático Ceres-Maize que tiene un error aceptable para predecir el rendimiento en distintas fechas de siembra (Mercau y Otegui 2014). Cuando a principios de mayo se partió con napa freática a 1.8 mts el rendimiento promedio simulado sin limitación de nutrientes en 41 años fue similar al potencial, sin limitación de nutrientes y agua. El rendimiento fue mayor en siembras tempranas que en las tardías (Figura 3). Sin napa cercana, y con el perfil del suelo completamente cargado de agua, a capacidad de campo hasta 2 mts, el rendimiento simulado en esta zona con lluvias medias próximas a 900 mm fue similar en siembras tempranas y tardías, con un techo más alto en algunas campañas para las tempranas. Sin embargo, cuando solo el primer metro del perfil estuvo completo y el segundo el segundo metro tenía 30% de agua útil, las siembras tardías superaron en rendimiento medio a las tempranas. La diferencia es muy marcada al comparar los años de bajo rendimiento, donde las fechas tempranas bajan de ca. 4 tn de rendimiento, y las tardías se mantienen sobre ca. 8 tn. La falta de humedad en el segundo metro del perfil tiene un efecto cualitativo, dado que en años con pocas lluvias primaverales genera una reducción importante de oferta al inicio del período crítico, que es cuando las raíces del cultivo comienzan a explorar esos horizontes. Con la napa a 1.8 mts es posible alcanzar un buen rendimiento de maíz en siembras tardías aun cuando se siembre como cultivo de segunda detrás de otro cultivo de cosecha, por ejemplo trigo. El rendimiento promedio en siembras de segunda es comparable al de las tardías de primera con el perfil seco en profundidad en mayo, pero con más riesgo, que en parte se podría reducir retrasando aún más la siembra en campañas donde el perfil detrás del trigo queda muy



**Figura 3.** Rendimiento simulado de maíz para distintas fechas de siembra en condiciones potenciales (línea negra), con napa a 1.8 mts al 1 de mayo (líneas azules), el perfil húmedo (80% de agua útil) hasta dos metros y sin napa (líneas verdes), el perfil seco en profundidad (80% de agua útil en primer metro y 30% en el segundo) y para un maíz detrás de un trigo de cosecha (líneas fucsias) en el promedio (líneas gruesas), percentiles 10 y 90 (líneas finas) de 41 campañas en Marcos Juárez.

seco. El clima, el ambiente edáfico y la recarga inicial del perfil modulan la oferta de agua, y la fecha de siembra de maíz es una potente herramienta para adaptar el cultivo. Mientras que la siembra tardía es la estrategia para evitar el riesgo por sequía cuando el perfil no está cargado, la siembra temprana, o el doble cultivo, es la estrategia frente a una napa cercana, que es bueno utilizar antes de que esté tan cercana que genere perjuicios en el campo.

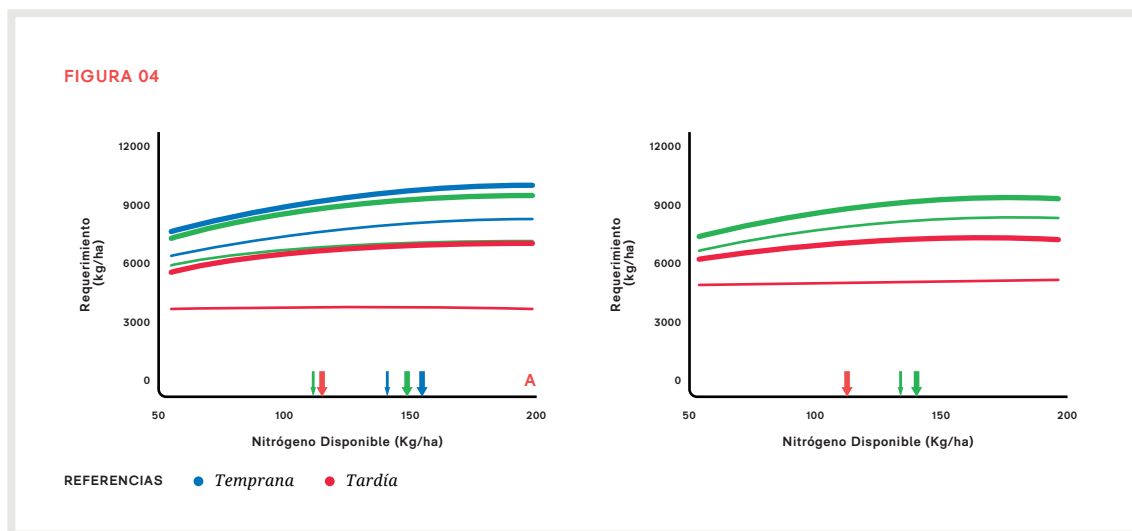
El conocimiento de la recarga inicial del perfil de suelo es crítico para producir maíz usando adecuadamente la oferta ambiental de agua. Considerando como oferta total en Marcos Juárez a la suma de las lluvias anuales desde el 1 de mayo (896 mm, con un 20% de años de menos de 720 mm y un 20% con más de 1070 mm) y el agua útil en dos metros de perfil a esa fecha, la oferta promedia 1126 mm y 1036 mm cuando hay 80% de recarga en los dos metros (230 mm) y cuando el segundo metro tiene solo un 30% (140 mm). La evapotranspiración simulada en el ciclo del cultivo, desde siembra a madurez fisiológica que, expresada como proporción de la oferta, indica la eficiencia de intercepción de la estrategia de cultivo, fue bastante estable

y similar para ambos niveles de oferta en siembras tempranas y tardías. La intercepción promedió entre el 47 y el 50% de la oferta total, con 20% de años con eficiencias inferiores al 41% y 20% superiores al 55%. Aun con eficiencias comparables hubo una diferencia cualitativa en una de las vías de pérdida, el drenaje de agua debajo de dos metros de suelo. En siembras tempranas el drenaje fue nulo en todos los años cuando se partió del segundo metro seco, y fue de solo 10 mm partiendo de todo el perfil húmedo, llegando en el 25% de los años con más drenaje a un promedio de 38 mm. En las siembras tardías aun partiendo del perfil seco en profundidad hubo drenaje, promediando 11 mm y 44 mm en el 25 % de campañas con más drenaje. Partir del perfil húmedo y demorar la siembra eleva el drenaje a un promedio de 56 mm, y alcanzando 140 mm de promedio en los años de más drenaje. Ese nivel de drenaje implicaría un ascenso del nivel de napa de unos 70cm en un cuarto de los años. Por eso, con el perfil húmedo la siembra tardía es una buena alternativa para evitar el daño por sequía en la región semiárida y/o en suelos que presentan impedancias para usar fácilmente el agua en el segundo metro del suelo. Sin embargo, en zonas más húmedas con buen suelo, como en Marcos Juárez, la siembra temprana es competitiva en términos de rendimiento y contribuiría también a evitar ascensos regionales de la napa freática.

La eficiencia de transformación en rendimiento del agua evapotranspirada genera grandes diferencias en el riesgo productivo cuando exponemos al cultivo a déficits en etapas críticas o la oferta nutritiva es pobre. Partiendo del perfil húmedo por cada milímetro evapotranspirado en el ciclo se genera en promedio 17 kg de grano en siembras tempranas y tardías, siendo inferior/superior a 15/19 kg en 1 de cada cinco años. Cuando se parte del segundo metro seco las siembras tardías mantienen esos valores de eficiencia. En cambio en las tempranas el promedio cae a 14 kg y en uno de cada 5 años por debajo de 11 kg. El déficit que sufre el cultivo en las etapas críticas en muchos años explica el alto riesgo de esta decisión. De igual forma manejar una baja oferta de nitrógeno, por ejemplo una disponibilidad de 90 kg/ha entre los primeros 60 cm del suelo y los fertilizantes agregados, reduce las eficiencias en unos 3 kg de granos por mm en todos los planteos. Hojas peor nutridas, de un verde más pálido, generan que a igualdad de pérdida de agua se fije menos carbono y aumente el riesgo productivo al bajar los rendimientos. Posiblemente ese escenario de baja oferta de nitrógeno sea más frecuente cuando se manejan bajos niveles de fertilización en siembras tempranas que

en las tardías, pero podrían ocurrir también en cultivos de segunda. En San Luis, sobre suelos arenosos con baja materia orgánica, la fertilización con nitrógeno no solo afecta la eficiencia de transformación sino que aumenta la intercepción de agua, utilizando mejor el agua disponible en profundidad (Mercau et al. 2015).

La decisión de una correcta fertilización nitrogenada se puede basar en curvas simuladas de cambios de la variabilidad del rendimiento a la oferta creciente del nutriente, una herramienta muy potente ampliamente utilizada en la Argentina para siembras tempranas y tardías (i.e. Mercau et al. 2002, y difundida en las herramientas Granero, Maicero, etc.). Una forma de utilizar estas curvas es establecer en qué nivel de nitrógeno se maximiza la ganancia media esperable por fertilizar, eso equivale a llevar el nitrógeno disponible hasta el nivel en que la respuesta en grano equivale al costo en grano del fertilizante agregado. Ese uso se complementa con la evaluación del nivel óptimo para años malos, ponderando así el riesgo de la fertilización. En los escenarios planteados para Marcos Juárez la predicción de la respuesta es muy distinta (Figura 4) generando variación en los niveles óptimos. Para un costo de 10 kg de



**Figura 4.** Curvas de respuesta de la variabilidad esperable del rendimiento de maíz al aumento de la disponibilidad de nitrógeno (N de nitratos 0-60 cm a la siembra más N en fertilizantes) simuladas para siembras tempranas (a) y tardías (b), con napa a 1.8 mts a la siembra (líneas azules), el perfil húmedo a la siembra (80% de agua útil) hasta dos metros y sin napa, el perfil seco en profundidad a la siembra (80% de agua útil en primer metro y 30% en el segundo) en el promedio (líneas gruesas) y percentil 20 (líneas finas) de 41 campañas en Marcos Juárez. Las flechas indican el nivel de nitrógeno disponible en el que la respuesta del maíz pasa de ser superior a ser inferior a 10 kg de grano por kg de N agregado para la situación media (flechas gruesas) y percentil 20 (flechas finas) en cada condición hídrica y fecha de siembra.



grano por kilo de N agregado, los niveles óptimos superan 160 kg de disponibilidad en siembras tempranas con napa cerca o el perfil cargado, teniendo la segunda situación un mayor riesgo de que ese nivel sea elevado en años malos. Con el perfil seco en profundidad el nivel óptimo baja a 125 kg, y la respuesta a la fertilización puede ser nula en los malos años, haciendo a la práctica muy riesgosa. Por el contrario, en siembras tardías con el perfil húmedo el nivel óptimo supera 150 kg, con una respuesta muy segura en muchos años. Con el perfil seco en profundidad a la siembra tardía la respuesta a la fertilización tendría niveles y riesgos similares a la siembra temprana, aun cuando el piso de rendimientos es mayor. Conviene recordar que partiendo de un perfil seco en profundidad para una siembra temprana, es muy frecuente pasar a un perfil cargado en siembra tardía, pasando de un escenario de alto riesgo productivo y de respuesta a la fertilización, a uno menos riesgoso, con una elevada seguridad de respuesta al nitrógeno y, posiblemente una necesidad de menor cantidad de fertilizante para llegar a niveles óptimos.

## Conclusiones

La utilización de siembras tardías de maíz es una estrategia eficaz para evitar el daño por sequía. En la región semiárida, y en ausencia de napa cercana a las raíces, la estrategia muestra todas sus virtudes. En climas subhúmedos cuando la oferta inicial de agua es pobre, o existe poca posibilidad de utilizar el agua profunda, la demora de la siembra aumenta la productividad del agua evapotranspirada. Sin embargo con un perfil húmedo, la demora de la siembra aumenta la pérdida de agua en profundidad, aumentando el riesgo de que las napas freáticas asciendan hasta niveles que dañen los sistemas de producción. La fertilización nitrogenada es una herramienta que aumenta la eficiencia con que el agua evapotranspirada por el cultivo de maíz se transforma en rendimiento. Además en zonas arenosas y de baja oferta de este nutriente la fertilización mejora el uso del agua en profundidad.

## Referencias

- Ermácora, M., E. Gandino y M. Reyes. 2016. Pautas para maximizar rindes en Maíz. *Revista CREA* 431: 42-52.
- Florio, E.L., J.L. Mercau, E.G. Jobbagy y M. Nosetto. 2014. Interactive effects of water-table depth, rainfall variation, and sowing date on maize production in the Western Pampas. *Agricultural Water Management*, 146: 75–83
- Mercau, J.L. 2002. Modelos de simulación y aplicación de herramientas informáticas para el manejo del cultivo. En: E.H. Satorre, editor, *Guía Dekalb del cultivo de maíz. Servicios y Marketing Agropecuario*, Buenos Aires. p. 203–217. <https://sites.google.com/a/agro.uba.ar/granero/>.
- Mercau, J.L. y M.E. Otegui. 2014. A modeling approach to explore water management strategies for late-sown and double-cropped wheat-maize in the rain-fed Pampas region of Argentina. En: *Practical Applications of Agricultural System Models to Optimize the Use of Limited Water*. L. Ahuja, L. Ma & R. Lascano Eds. ASA-SSSA-CSSA *Advances in Agricultural Systems Modeling series*. Vol 6.
- Mercau, J.L., M.A. Ibarra y E.G. Jobbagy. 2014. Productividad y consumo de agua de maíz tardío en el centro de San Luis: cambios provocados por la fertilización nitrogenada. *IPNI. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 16: 24-26.
- Otegui, M.E., J.L. Mercau, y F.J. Menendez. 2002. Estrategias de manejo para la producción de maíz tardío y de segunda. In: E.H. Satorre, editor, *Guía Dekalb del cultivo de maíz. Servicios y Marketing Agropecuario*, Buenos Aires. p. 171–184.

# — Por qué aumentar el maíz en las rotaciones

## AUTORES

**Gustavo Martini y Ariel Angeli**

—  
AACREA

E: [gmartini@crea.org.ar](mailto:gmartini@crea.org.ar)

Bajo el paraguas del Proyecto Nacional de Rotaciones, la Unidad de Investigación y Desarrollo de AACREA llevó adelante un análisis sobre la productividad de los cultivos en función del nivel de participación de gramíneas en las rotaciones agrícolas.

El trabajo fue realizado con la base de datos de lotes de producción de la Región CREA Centro -ubicada en su mayor proporción en el sur de la provincia de Córdoba-, seleccionada por su riqueza de los datos de base, medida por la cantidad de registros y continuidad en el tiempo de los mismos.

El objetivo principal fue evaluar la rotación del conjunto de lotes de la región para identificar grupos de lotes con diferente historial de rotaciones y cuantificar el impacto sobre la productividad de los cultivos y atributos clave del suelo.

## Trazabilidad de los datos

En una primera etapa, se consolidaron las bases de datos por cultivo (Maíz/Trigo/Soja) en una única base que registra la secuencia de cultivos de los últimos diez a quince años. En la misma se pudieron identificar aquellos lotes que fueron informados regularmente como “lotes trazados”, que constituyen el 69% de los mismos (Tabla 1).

	REGIÓN CENTRO
<b>Cultivos (% del área total)</b>	<i>Maíz (33%) / Soja (56%) / Trigo (11%)</i>
<b>Campañas</b>	<i>2005/2013</i>
<b>Número de Casos</b>	<i>18.416</i>
<b>Superficie Acumulada (ha)</b>	<i>1.376.405</i>
<b>Superficie Acumulada con trazabilidad (ha)</b>	<i>943.548 (69%)</i>
<b>Hectáreas Físicas (superficie real analizada)</b>	<i>112.203</i>

**Tabla 1.** Trazabilidad de los datos.

## Índice de gramíneas

Para evaluar el historial de rotaciones de cada lote, se definió el “índice de gramíneas” (IG), que representa la cantidad de especies gramíneas que tuvo el lote a lo largo del total de las campañas (e.g. IG = 0.3 significa que en 3 de 10 campañas ese lote tuvo una gramínea). Luego se agruparon los lotes en 4 categorías de IG y se evaluó el impacto de este índice sobre la productividad de los cultivos y otros indicadores.

En la Figura 1 muestra las categorías de proporción de gramíneas en los lotes de producción en Región Centro, ilustrando una importante variabilidad que va desde un 5% de los lotes con menos de una gramínea cada cinco cultivos en un extremo (categoría 1), hasta un 10% de lotes que fueron rotados con tres o más gramíneas cada cinco cultivos en el otro (categoría 4).

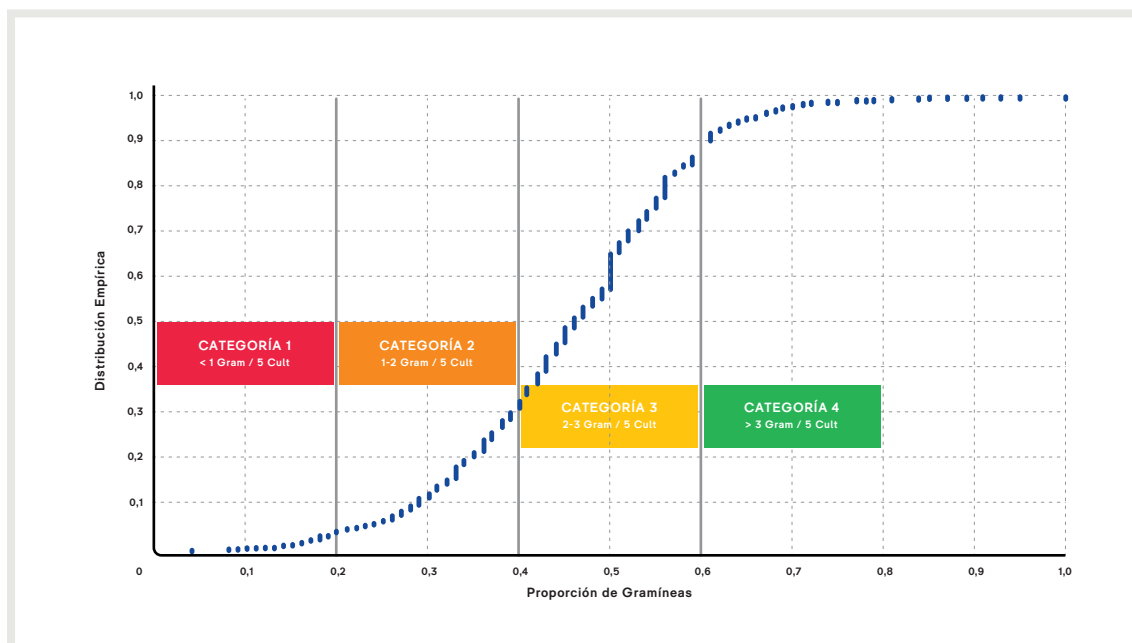
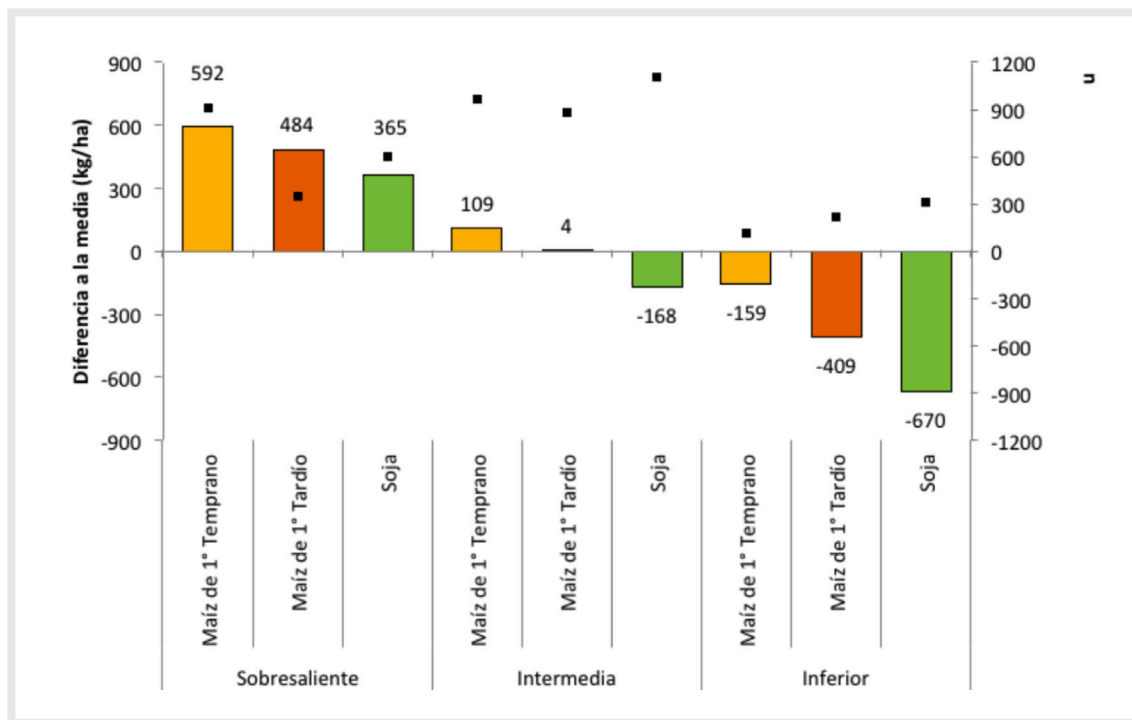


Figura 1. Distribución de categorías de proporción de gramíneas en la rotación – Región Centro.

## Efecto de corto plazo

Cuando se evaluó el efecto del primer antecesor, se pudo observar que la productiv-

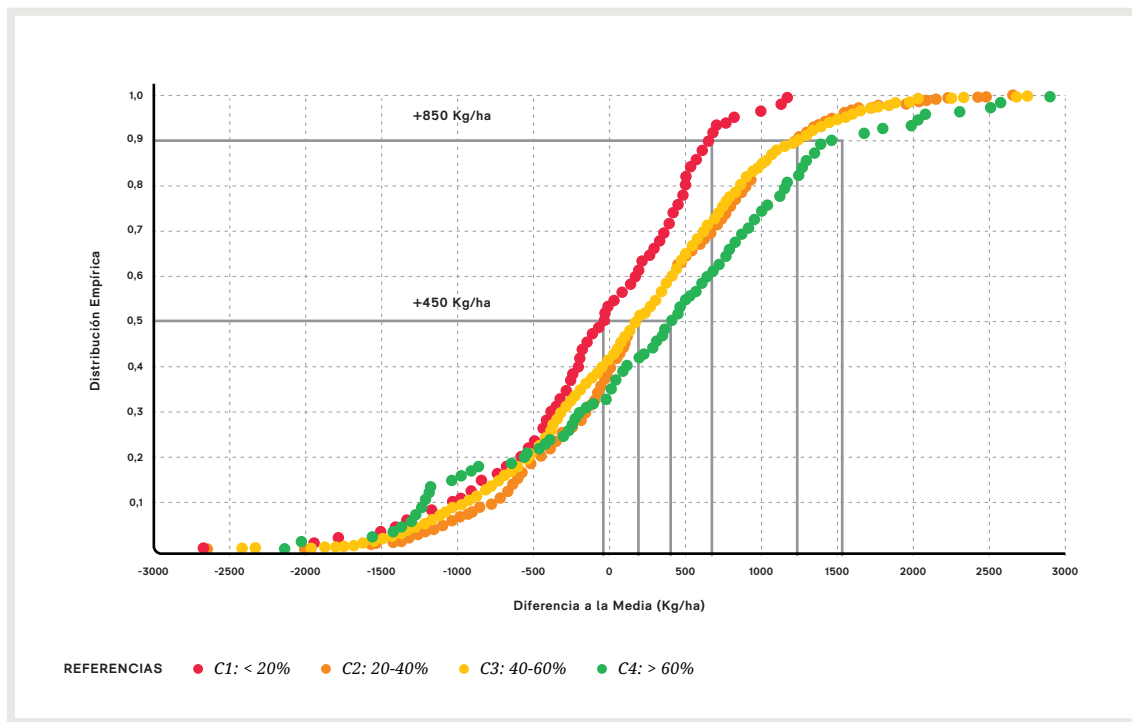
sus soja de primera, siendo esta diferencia mayor en ambientes de menor calidad productiva (Figura 2).



**Figura 2.** Diferencia promedio al rendimiento medio de soja de cada CREA en cada campaña en función del antecesor y la calidad del ambiente productivo – Región Centro

## Efecto de largo plazo

Los resultados mostraron diferencias contundentes en la productividad de soja y maíz para las diferentes categorías de IG. Tal como muestra la Figura 3, los lotes mejor rotados ( $IG > 0.6$ ) muestran rendimientos de soja notablemente superiores al promedio, mientras que los lotes peor rotados ( $IG < 0.2$ ) muestran rendimientos menores al promedio. En promedio, la diferencia entre ambas situaciones fue de 450 kg/ha, que representa alrededor del 15% del rendimiento medio zonal, mientras que en las mismas curvas de distribución se aprecia que en el percentil 90 (ambientes con mayor diferencia sobre la media) la diferencia alcanza 850 kg/ha.



**Figura 3.** Figura 3: Probabilidad acumulada de la diferencia entre el rendimiento de soja de cada lote en cada año y el rendimiento medio de cada CREA en cada año para los distintos grupos de rotaciones: C1 lotes con IG < 0.2, C2 lotes con IG entre 0.2 y 0.4, C3 lotes con IG entre 0.4 y 0.6 y C4 lotes con IG > 0.6.

Asimismo, el grupo de lotes mejor rotados muestra mejores balances de carbono (según simulación con modelo AMG) y de fósforo en relación a los lotes peor rotados (Tabla 2), así como menor dificultad en el control de malezas (Figura 5).

VARIABLE	C1	C2	C3	C4
Número de Casos	429	2.567	4.459	704
Media BMOS (Kg COS/ha)	-188	83	286	444
Balance de P (Kg/ha)	-14	-11	-6	-3

**Tabla 2.** Balance medio de Materia Orgánica del Suelo (BMOS) del para los lotes dentro de cada categoría de IC. Se muestra además el número de casos en cada categoría.



**Figura 4.** Proporción de lotes con dificultad en el control de malezas por cultivo en función de la participación de gramíneas en la rotación.

## Consideraciones finales

La participación de gramíneas en la rotación tiene efectos positivos sobre el sistema productivo. El efecto como primer antecesor se verificó con una magnitud de 2 a 5 qq/ha de soja, a favor del antecesor maíz, siendo mayor cuanto menor es la calidad del ambiente.

Se pudo verificar además un impacto sobre la productividad por la rotación de largo plazo. Este resultado es independiente del primer antecesor y es mayor al mejorar el ambiente de producción.

Se pueden hipotetizar mecanismos independientes de aporte de las gramíneas en la rotación, un mecanismo donde la cantidad y calidad de la cobertura superficial es de mayor importancia en ambientes más frágiles y otro de mejora en las propiedades físicas y químicas del suelo, que cobra mayor relevancia en ambientes de mayor calidad. Al mismo tiempo, los ambientes con mayor participación de gramíneas en la rotación tuvieron mayor aporte de carbono (balance de M.O.), mejor balance de fósforo y presentaron menor dificultad en el control de malezas.



El análisis de las Bases de Datos trazadas genera un valor adicional respecto al análisis convencional, abriendo un potencial de evaluación del efecto de mediano/largo plazo sobre la productividad en otras regiones, que puede complementarse con otras aproximaciones de estudio del efecto de rotaciones (p.e. ensayos de larga duración).

# — Ventana óptima de siembra en maíz tardío y riesgos climáticos

## AUTORES

**Gustavo A. Maddonni**

---

Cátedra de Cerealicultura e IFEVA-Conicet.  
Facultad de Agronomía  
Universidad de Buenos Aires.  
E: maddonni@agro.uba.ar

## La estación de crecimiento y las ventanas de siembra de maíz

La producción de maíz en secano en la Argentina se realiza en regiones con variada diversidad de temperaturas y regímenes hídricos (Figura 1). En regiones con clima subtropical sin estación seca y clima templado-húmedo, el período libre de heladas define la estación de crecimiento de los cultivos estivales. Mientras que en regiones con clima subtropical con estación seca, la estacionalidad de las lluvias del régimen monzónico (las precipitaciones del semestre más cálido son iguales o mayores al 80 % de la precipitación anual), determina la estación de crecimiento de estos cultivos. A pesar de estas diferencias entre climas, en estas regiones el extenso período libre de heladas permite sembrar maíz desde fines del invierno o principios de la primavera (i.e. maíces tempranos), hasta principios o mediados del verano (i.e. maíces tardíos), definiendo ventanas de siembra que pueden abarcar entre 3 y 6 meses (Figura 1).

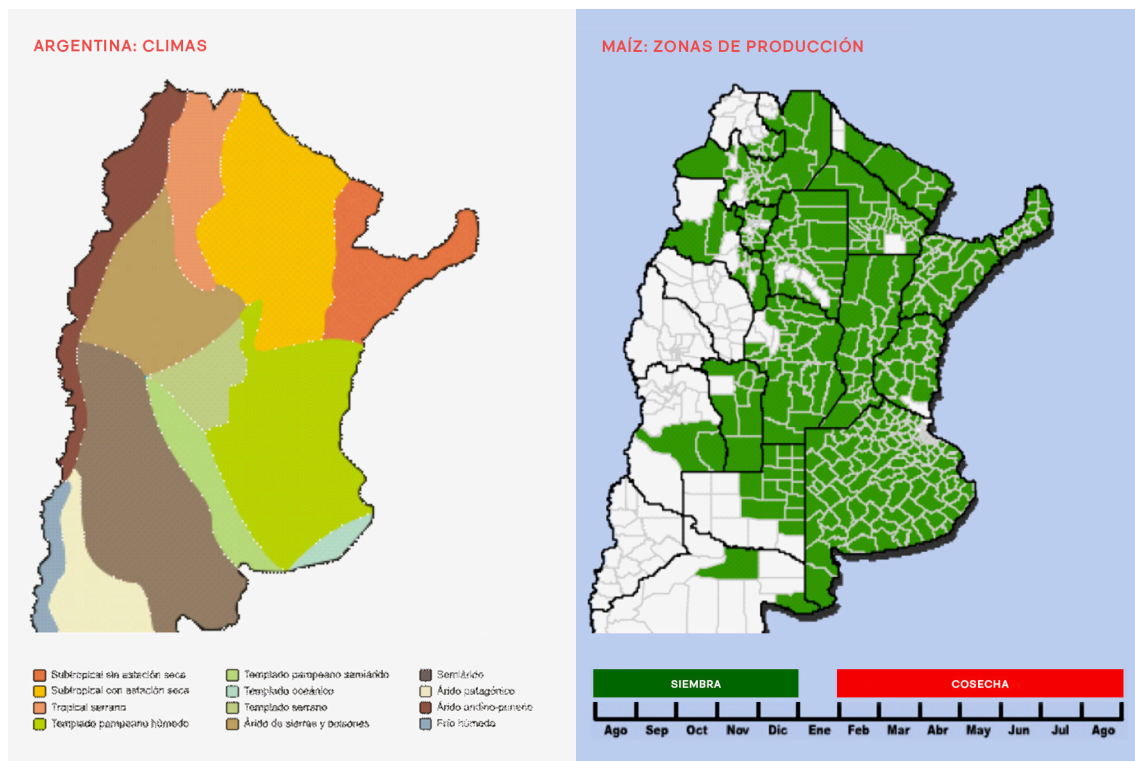
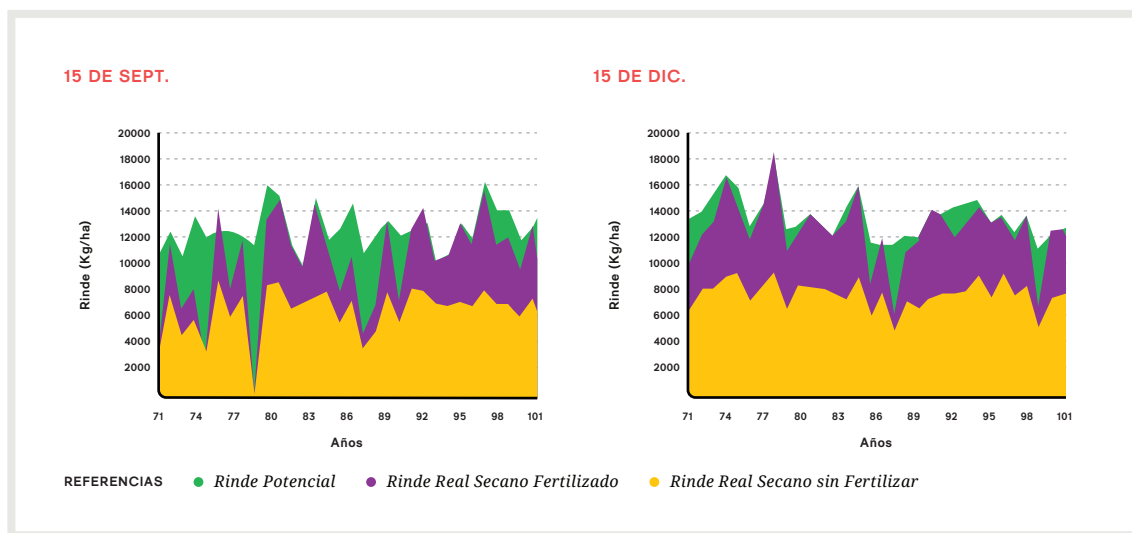


Figura 1. Climas de la República Argentina y distribución geográfica del cultivo de maíz (promedio de cinco campañas). Se detalla la ventana de siembra y de cosecha del conjunto de localidades representadas.

En una localidad, el atraso en la fecha de siembra puede determinar una reducción de los rendimientos potenciales del cultivo de maíz (Otegui et al., 1996; Maddonni, 2012). Sin embargo, las diferentes fechas de siembra exponen a los cultivos a distintas limitantes climáticas (restricciones abióticas) que pueden alejar en mayor o menor medida los rendimientos alcanzables de los rendimientos potenciales generando brechas de rendimiento de diferente magnitud (Figura 2).

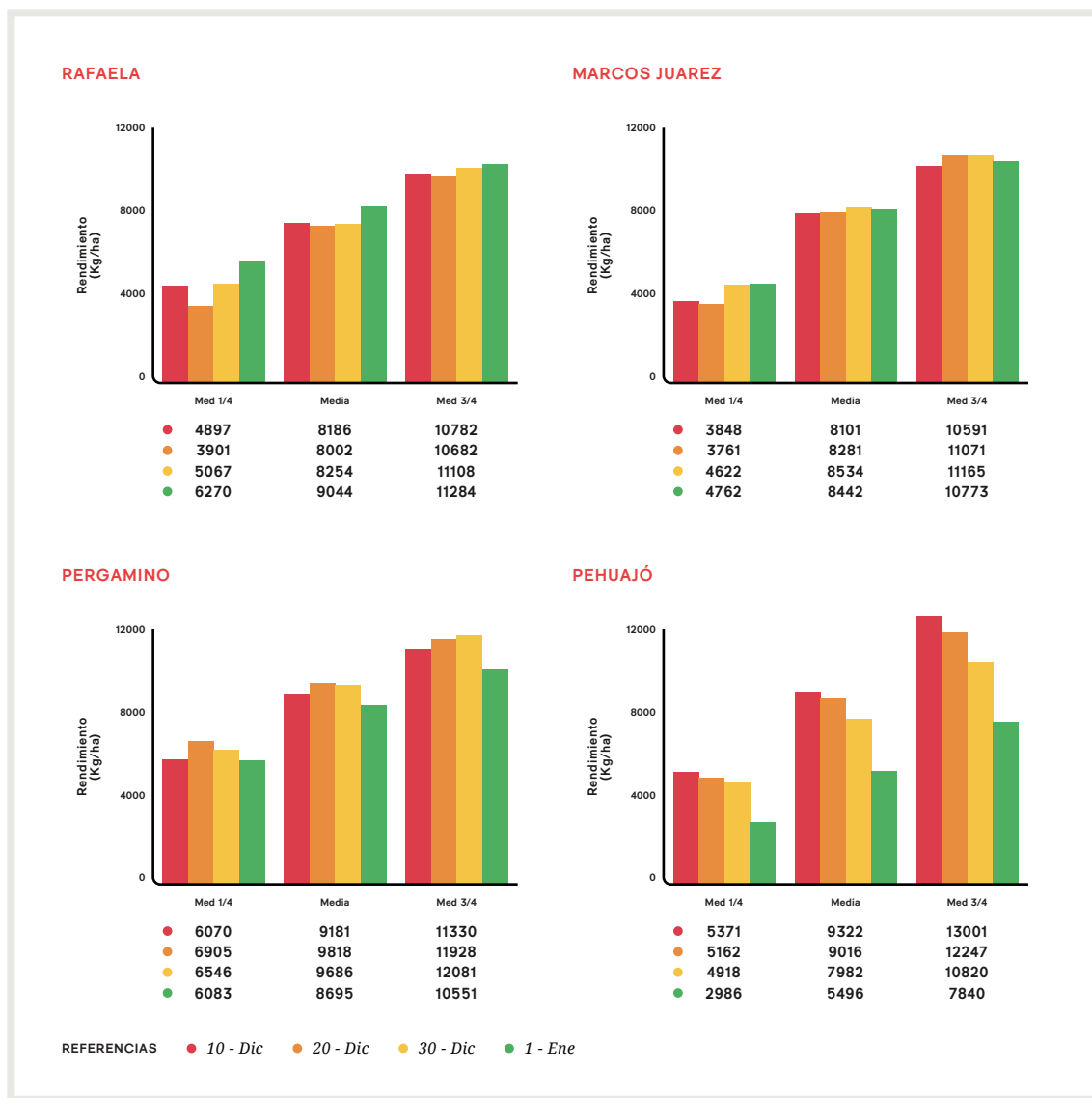


**Figura 2.** Simulaciones de rendimientos potenciales (sin limitación hídrico-nutricional, áreas celestes) y alcanzados en maíces de secano, con (áreas bordó) y sin fertilización (áreas amarillas), para una serie histórica de años de la localidad de Río Cuarto (serie de suelo Oleata, contenido de agua a la siembra 80% de agua útil) en fecha de siembra temprana (15 de Septiembre) y tardía (15 de Diciembre). Fuente: gentileza Ing. Agr. J. Micheloud.

## V

### entana óptima de siembra de maíz tardío

Dentro del rango de fechas de siembra tardías, simulaciones realizadas para maíces de secano en distintas localidades de Argentina, sugieren que los rendimientos se optimizan en diferentes fechas que van desde principios de Diciembre para las localidades con estaciones de crecimiento más cortas (menor período libre de heladas, e.g. oeste de la provincia de Buenos Aires) hasta principios de Enero para localidades con climas subtropicales (e.g. Norte de Santa Fe). Estas fechas resultarían independientes de la condición de año, clasificación obtenida según el agrupamiento de los rendimientos simulados en terciles (i.e. tercil inferior, peores años, tercil medio, años medios y tercil superior, mejores



**Figura 3.** Simulaciones de rendimientos de maíces de secano, en cuatro localidades de Argentina, para una serie histórica de años en cuatro fechas de siembra tardía centradas en las tres decenas del mes de Diciembre y la primer decena del mes de Enero. Fuente: Otegui et al. (2002). Oleata, contenido de agua a la siembra 80% de agua útil en fecha de siembra temprana (15 de Septiembre) y tardía (15 de Diciembre). Fuente: gentileza Ing. Agr. J. Micheloud.

Esta información valiosa y novedosa al momento de su difusión (previa a la adopción masiva de maíces con protección para lepidópteros) no explicita las restricciones climáticas a las que pueden estar expuestos los cultivos de maíz en fechas de siembra tardías. A

continuación se detalla un análisis probabilístico de la incidencia de distintas limitantes climáticas, en diferentes etapas del ciclo de maíces de siembras tardías vs siembras tempranas. La información fue extraída y re-elaborada a partir del trabajo “*Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural región of Argentina, a probabilistic approach*” (Maddonni, 2012), a la que se le incorporó otros análisis utilizando la misma metodología. Brevemente, el trabajo propone utilizar series históricas (ca. 30 años) de registros diarios de temperaturas máximas, mínimas, radiación solar y precipitaciones, y contar con la duración en tiempo térmico de las distintas etapas de un genotipo de maíz de amplia adopción en esa región. A través de los datos meteorológicos de cada campaña se estima la fenología del cultivo para diferentes fechas de siembra y se cuantifica la frecuencia de ocurrencia de diversas restricciones climáticas en los períodos de mayor sensibilidad del cultivo. Para mayor detalle referirse al trabajo mencionado.

## **Restricciones climáticas en maíces de fechas de siembra tardías**

### *Efectos de la temperatura*

El efecto de la temperatura como restricción climática para el cultivo de maíz involucra: i) la incidencia de heladas durante el ciclo, ii) bajas temperaturas en la cama de siembra que afecten la des-uniformidad de la emergencia (Padilla et al., 2004) y iii) la incidencia de temperaturas extremadamente altas que generan daños irreversibles en el cultivo (i.e. golpes de calor), especialmente alrededor de floración y durante el llenado de los granos (Cicchino et al. 2012; Rattalino Edreira et al. 2011; Mayer et al. 2014).

Los maíces de siembras tardías escapan a la ocurrencia de heladas tardías que afectan drásticamente al rendimiento. Sin embargo en algunas localidades, maíces sembrados a principios de Diciembre pueden extender (en días) el largo del llenado de los granos, alcanzando la madurez fisiológica dentro del comienzo del período de heladas. La frecuencia de esta incidencia se incrementa con el aumento de la latitud (Figura 4). En consecuencia, en estas localidades, existe menos margen de atrasar la fecha de siembra de los maíces tardíos más allá de principios de Diciembre, y ante la eventualidad de un atraso, se debería seleccionar un genotipo con ciclo más corto.

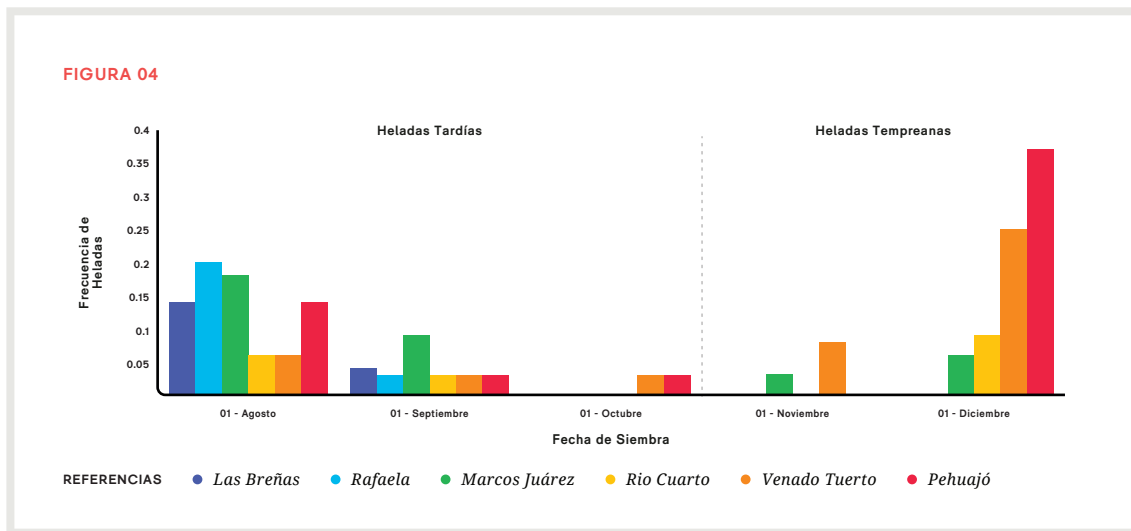


Figura 4. Frecuencias simuladas de la incidencia de heladas tardías y tempranas (basado en los registros de temperaturas mínimas) en cultivos de maíz sembrados en 6 localidades y 5 fechas de siembra. Fuente: adaptado de Maddonni (2012).

Con respecto a las bajas temperaturas en la cama de siembra, los maíces tardíos de Diciembre presentan baja frecuencia de emergencias muy demoradas (tiempos a emergencia mayores a 10 días) en respuesta a la mayor temperatura del suelo, mientras que en siembras más tempranas la frecuencia de emergencias demoradas aumenta con la latitud (Figura 5).

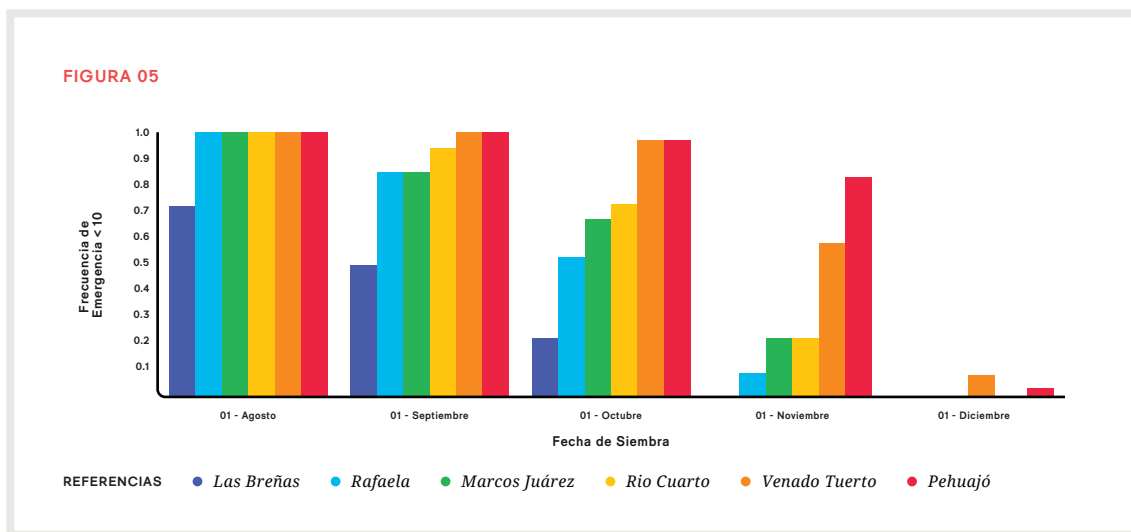
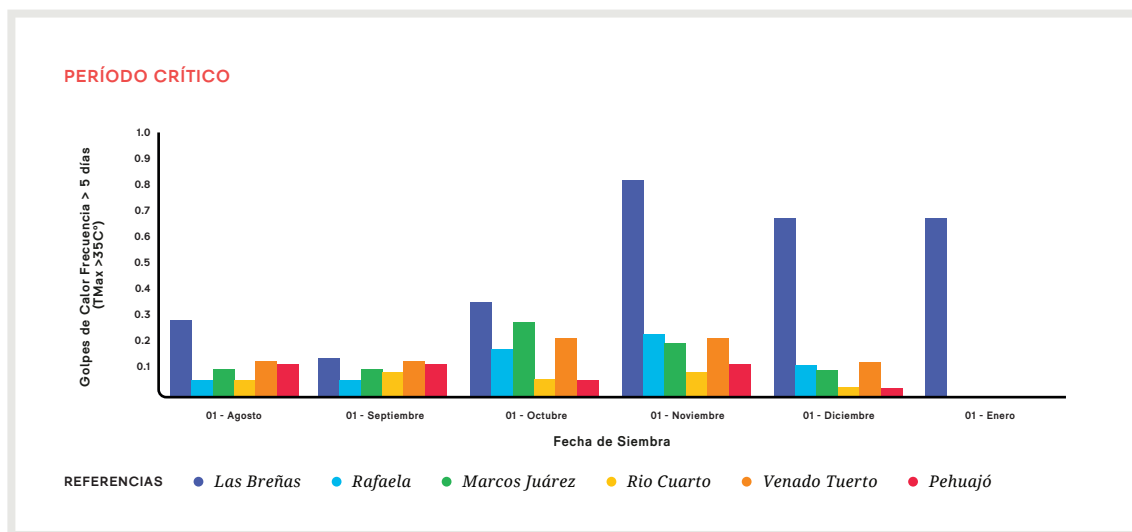


Figura 5. Frecuencias simuladas del tiempo a emergencia mayor a 10 días en cultivos de maíz sembrados en 6 localidades y 5 fechas de siembra. Fuente: adaptado de Maddonni (2012).

Este efecto podría agravarse en siembras bajo cubierta de rastrojo si el implemento de siembra no cuenta con barre-rastrojo que despeje la hilera de la cama de siembra y permita una mayor carga de radiación sobre la superficie del suelo.

Finalmente, la frecuencia de golpes de calor durante el período crítico tiende a ser menor en maíces de fechas muy tempranas (fines del inviernos) o fechas tardías, mientras que durante el llenado de los granos, los maíces tardíos registrarían las menores frecuencias de golpes de calor (Figura 6). Estas frecuencias disminuyen con el aumento de la latitud. Resulta de interés destacar para la localidad de la Breñas, la reducción de las frecuencias de golpes de calor en ambos períodos del cultivo al retrasar la fecha de siembra de un maíz hacia principios de Enero.



**Figura 6.** Frecuencias de períodos de 5 días con temperaturas máximas mayores a 35°C durante el período crítico (30 días centrado en floración femenina) y el llenado efectivo de los granos (15 días post-floración hasta madurez fisiológica) en cultivos de maíz sembrados en 6 localidades y 5 fechas de siembra. Fuente: adaptado de Maddonni (2012).

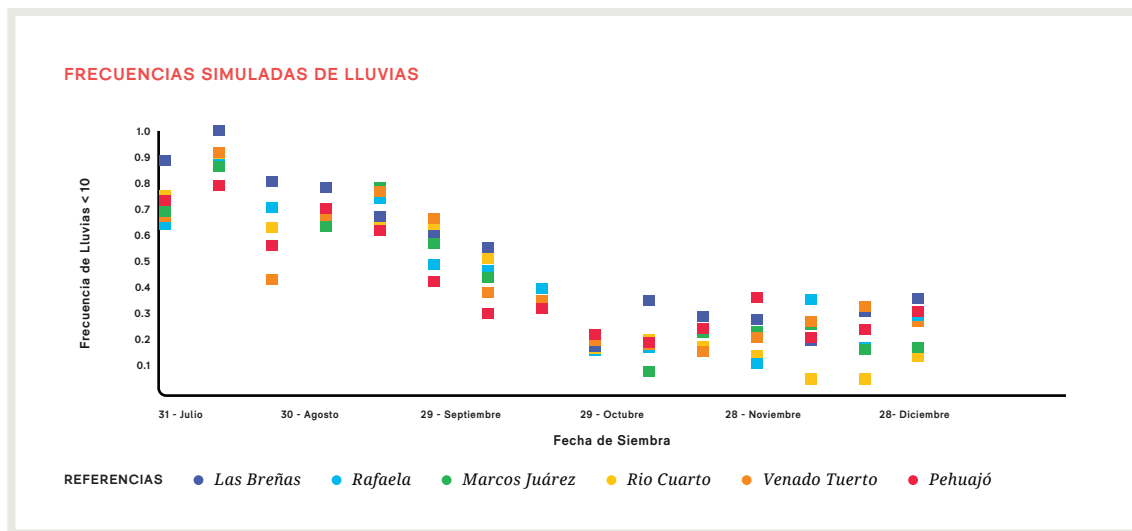
### Efectos de la disponibilidad de agua

El efecto de la disponibilidad de agua como restricción climática para el cultivo de maíz involucra: i) el contenido de agua en la cama de siembra, ii) la recarga de agua del perfil y iii) el balance de agua durante el período crítico, de mayor susceptibilidad a una restricción hídrica (Hall et al. 1982).



El contenido de agua en la cama de siembra puede afectar al establecimiento de las plántulas afectando la germinación de las semillas. Contenidos de agua en la cama de siembra próximos a capacidad de campo maximizan la proporción de semillas germinadas de un stand (Silberfaden 2010). Considerando la ocurrencia de precipitaciones superiores a 10 mm que humedecen la cama de siembra, desde mediados de Octubre disminuye y se estabiliza la frecuencia de tener suelo seco en la cama de siembra en las localidades analizadas. En consecuencia, los maíces tardíos se sembrarían con adecuada humedad (Figura 7). Sin embargo en algunas localidades, la alta frecuencia de lluvias superiores a los 20 o 30 mm puede generar falta de piso para la operatoria de la siembra en la ventana de siembra de maíces tardíos.

Tanto en climas templados húmedos como en aquellos subtropicales sin estación seca, los mayores registros de lluvias tienen lugar en los meses de primavera, verano y otoño y los menores durante los meses invernales. En consecuencia y considerando al cultivo de soja como el antecesor más frecuente del maíz, la posibilidad de acumular agua en el suelo durante el barbecho y lograr una recarga completa de los perfiles a la siembra del maíz, se incrementa con la demora en la fecha de siembra. Es por ello, que la frecuencia de partir con perfil cargado a la siembra de los maíces de Noviembre o Diciembre sería



**Figura 7.** Frecuencias simuladas de lluvias menores a 10mm durante las 5 fechas de siembra de maíz en 6 localidades. Fuente: adaptado de Maddonni (2012).

muy alta (Figura 8). Para siembras más tempranas existirán mayores diferencias entre localidades condicionando en muchos casos el balance hídrico durante el período crítico.

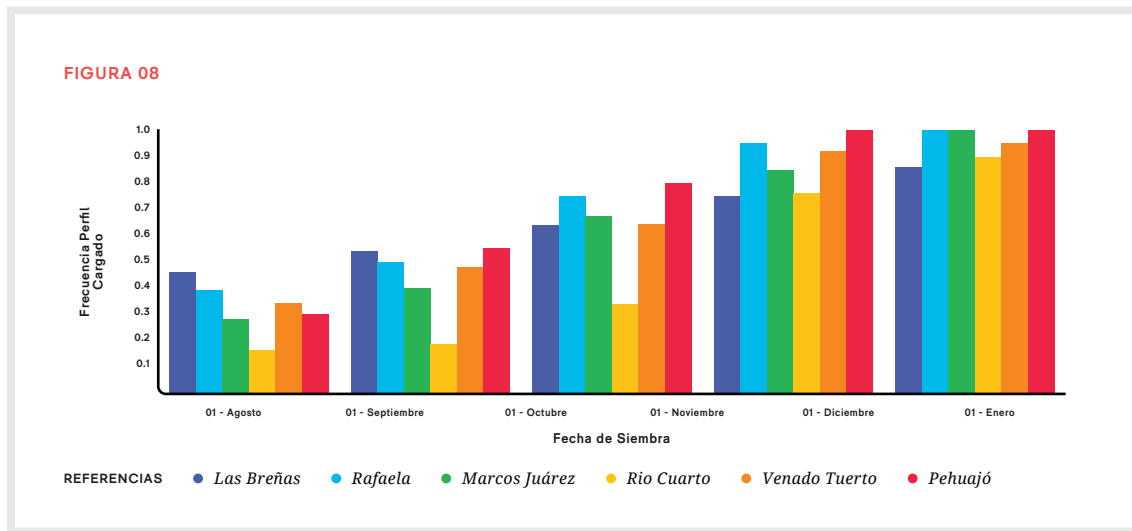


Figura 8. Frecuencias simuladas de partir con perfil cargado de agua (i.e. en capacidad de campo) para 5 fechas de siembra de maíz en 6 localidades. Fuente: adaptado de Maddonni (2012).

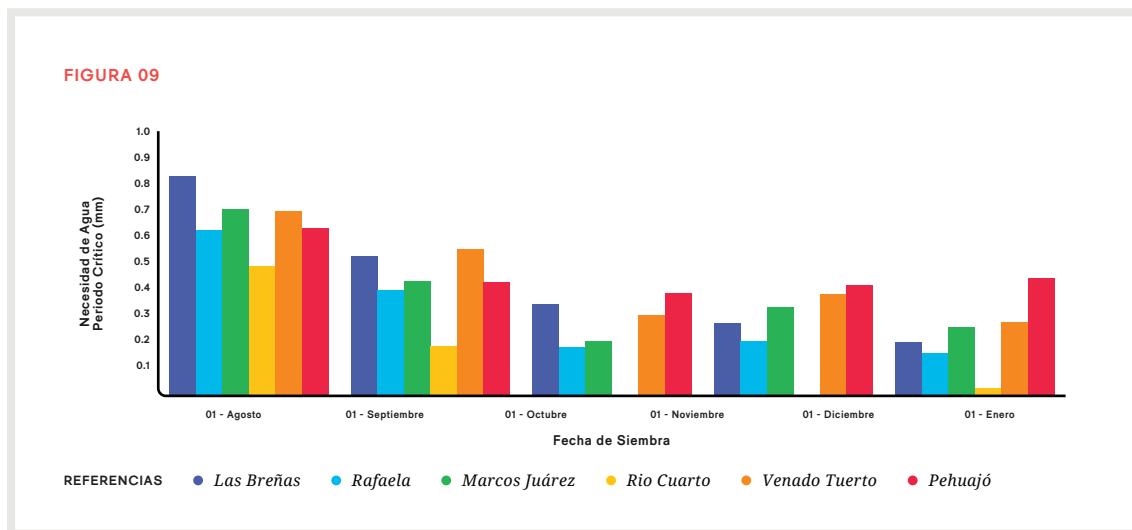


Figura 9. Simulaciones de la necesidad de agua (mm) durante el período crítico de maíz en 5 fechas de siembra y 6 localidades, para un año normal en términos de precipitaciones de cada escenario. Fuente: adaptado de Maddonni (2012).

Estas estimaciones asumen un barbecho limpio desde principios de abril hasta la siembra de los cultivos de maíz en cada fecha de siembra y localidad.

Finalmente, como consecuencia del mayor contenido de agua en el perfil a la siembra de los maíces tardíos, y la menor demanda atmosférica durante el período crítico, tanto en a

años medios como en años de menores precipitaciones, el período crítico de los maíces tardíos estaría expuesto a una menor necesidad de agua que el de los maíces tempranos (Figura 9).

### Velocidad del secado de los granos

El período de secado de los maíces tardíos se desplaza hacia los meses otoñales, durante los cuales la demanda atmosférica es menor por la menor carga de radiación y el incremento de la humedad relativa de la atmósfera. En consecuencia es muy frecuente que el tiempo entre madurez fisiológica y madurez comercial se extienda a más de 50 días, con posibles impactos negativos sobre la calidad de los granos cosechados y la seguridad de cosecha. Por ejemplo en una localidad de la zona núcleo maicera (Salto, N de la provincia de Buenos Aires), maíces de siembras de mediados de Septiembre, que llegaron a madurez fisiológica (ca. 35% humedad) a principios de Febrero, lograron reducir en

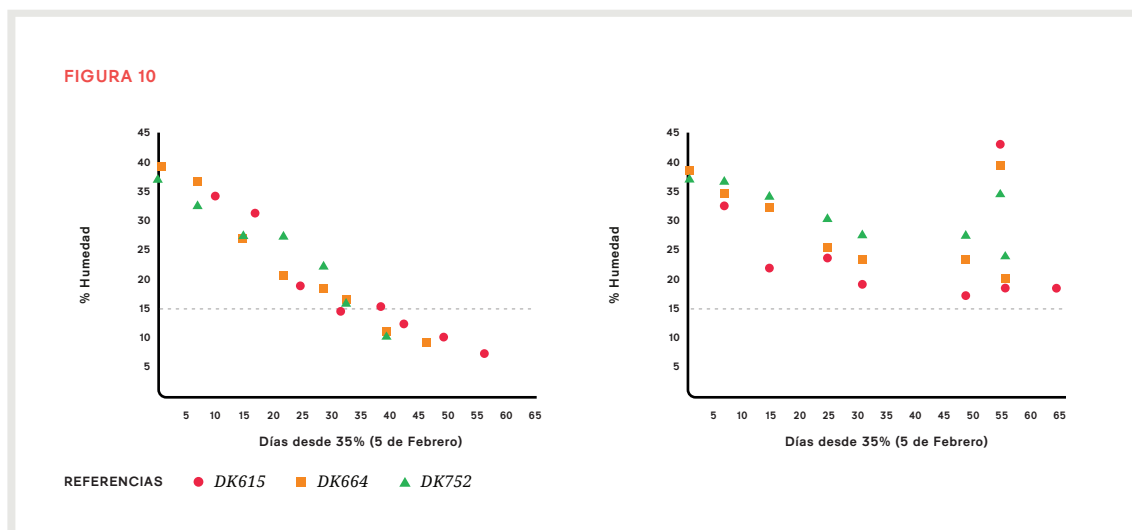


Figura 10. Ritmo de pérdida de humedad de los granos durante el secado en tres híbridos de maíz sembrados el 15/9 y 15/12 en la localidad de Salto, provincia de Buenos Aires.

30 días el contenido de humedad de los granos a ca. 14.5%, mientras que esos mismos genotipos sembrados a mediados de Diciembre, alcanzaron la madurez fisiológica el 14 de Abril tardando entre 45 (principios de Junio) y 60 días (fines de Junio) para llegar a un 14.5% de humedad (Figura 10). Un estudio reciente, demuestra que en esta misma zona, no deberían demorarse la siembra de un maíz tardío más allá de principios de Enero si se desea cosechar sus granos a mediados del mes de Junio con un contenido de humedad inferior al 20%, capturando los mejores precios de venta de estos granos sin penalizar los ingresos por los elevados costos de secado (Ermacora, M. com personal).

## Conclusiones

- Los registros meteorológicos diarios (temperatura máxima, temperatura mínima, radiación solar, precipitaciones) de una serie histórica de años de una localidad, junto con la simulación de la fenología del cultivo, permiten describir el ambiente explorado durante el ciclo y la probabilidad de ocurrencia de restricciones climáticas para distintas fechas de siembra.

- La ventana óptima de siembra de un maíz tardío de secano parece retrasarse de sur a norte (de ppios de Diciembre a ppios de Enero).

- Los maíces tardíos enfrentan en general menores restricciones climáticas (heladas tardías, baja temperatura a la siembra, poca humedad en la cama de siembra, poca carga de agua del perfil, balance hídrico restrictivo a floración, golpes de calor en floración y llenado) que los tempranos pero están expuestos a otras restricciones climáticas (falta de piso, heladas tempranas, alta humedad en secado) a tener en cuenta según la localidad.

## Referencias

- Cicchino, M.; Rattalino Edreira, J.I.; Uribelarrea, M.; Otegui, M.E. 2010. Heat stress in field-grown maize: response of physiological determinants of grain yield. *Crop Sci.* 50: 1438–1448.
- Hall, A.J.; Vilella, F.; Trapani, N.; Chimenti, C.A. 1982. The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding and silking in maize. *Field Crops Res.* 5: 349–363.
- Maddonni, G.A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina— a probabilistic approach. *Theor. Appl. Climatol.* 107: 325-345.
- Mayer, L.I.; Rattalino Edreira, J.I.; Maddonni, G.A. 2014. Oil yield components of maize crops exposed to heat stress during early and late grain-filling stages. *Crop Sci.* 54:1–15.
- Otegui, M.E.; Mercau, J.L.; Menéndez, F.J. 2002. Estrategias de manejo para la producción de maíz tardío y de segunda. En: *Guía Dekalb del cultivo de maíz.* 171-186.
- Otegui, M.E.; Ruiz, R.A.; Petruzzi, D. 1996. Modeling hybrid and sowing date effects on potential grain yield of maize in a humid temperate region. *Field Crops Res.* 7: 167–174.
- Padilla, J.; Otegui, M.E.; Maddonni, G.A. 2004. Predicting the dynamic of seedling emergence in maize. ASA, CSSA, SSSA Annual Meeting, Seattle.
- Rattalino Edreira, J.I.; Budakli Carpici, B.; Sammarro, D.; Otegui, M.E. 2011. Heat stress effects around flowering on kernel set of temperate and tropical maize hybrids *Field Crops Res.* 123: 62–73.
- Silberfaden, F. 2010. Evaluación cuantitativa del efecto de las bajas temperaturas y el

contenido hídrico del suelo sobre la germinación y emergencia en semillas de maíz. Tesina de grado, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 57 pp.

# — Impacto del genotipo, ambiente y manejo sobre el rendimiento de maíz tardío en zona núcleo

## AUTORES

### Lucas Borrás

---

Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional de Rosario (UNR) y CONICET.  
E: lborras@unr.edu.ar

### Guido Di Mauro

---

Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa  
(AAPRESID)

### Tomás Coyos

---

Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa  
(AAPRESID)

### Lucas A. Garibaldi

---

Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales  
Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD)  
Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) y CONICET

## Introducción

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial. En análisis de la influencia del genotipo, manejo y ambiente sobre el rendimiento tiene importantes consecuencias para guiar las decisiones del productor. El país está enfrentando cambios relevantes en su sistema de producción agrícola, ya que el maíz se está sembrando con posterioridad a la fecha temprana normalmente recomendada. Actualmente, cerca del 60% de maíz sembrado en el país se siembra en fecha tardía (PAS, 2015). Aún no es claro qué decisiones de manejo son críticas, y cómo interaccionan con diferentes genotipos.

En este trabajo se analizó la influencia de diferentes genotipos, variables de manejo y del ambiente sobre el rendimiento de maíz tardío. El interés estuvo en definir qué variables de manejo o ambiente son relevantes, y en cuantificar la magnitud de los efectos. Debido a que algunas variables de manejo interaccionan con el genotipo (por ejemplo, la densidad de plantas; Cox, 1996; Hernández et al., 2014), también se exploraron potenciales interacciones genotipo x manejo (GxM) como diferentes respuestas del genotipo a una variable de manejo particular.

La información analizada proviene de 23 ambientes (combinación de sitio x año), con un total de 9 genotipos en común evaluados en cada ambiente. Empezamos con un modelo que describe las variaciones en rendimiento a través de ambientes, entre genotipo, y debidas a la interacción genotipo x ambiente (GxA) y GxM. La interacción GxM fue evaluada explorando la diferente respuesta en rendimiento de los genotipos a la densidad de plantas y la disponibilidad de N. Este modelo fue comparado con otro modelo que incorporó la influencia de diferentes variables de manejo o del ambiente. Las variables de manejo evaluadas fueron fecha de siembra, densidad de plantas, disponibilidad de N y P del suelo, y las variables del ambiente analizadas fueron clase de suelo, las lluvias durante el ciclo y la presencia de napa a la siembra.



## Metodología

### Sistema bajo estudio

Los ensayos (también llamados sitios o ambientes) se sembraron en diferentes localidades alrededor de la zona núcleo de producción de maíz durante dos campañas (2012/2013 and 2013/2014, desde ahora en adelante referidas 2013 y 2014, respectivamente). Los mismos se describen en la Tabla 1, con 9 sitios en 2013 y 14 en 2014. Todos los campos fueron manejados bajo siembra directa por un mínimo de 8 años y pertenecen a productores agrupados en AAPRESID.

AÑO	SITIO	CÓDIGO	LAT. (DECIMAL)	LONG. (DECIMAL)
2013	<i>Cristophersen</i>	<i>Cr_13</i>	-34.2	-62.0
	<i>Solis</i>	<i>So_13</i>	-34.2	-59.2
	<i>Laborde</i>	<i>La_13</i>	-33.0	-59.4
	<i>9 de Julio</i>	<i>9J_13</i>	-35.6	-60.9
	<i>Bustinza</i>	<i>Bu_13</i>	-32.5	-61.2
	<i>El Fortín</i>	<i>EF_13</i>	-31.6	-62.2
	<i>Río II</i>	<i>RII_13</i>	-31.9	-63.8
	<i>25 de Mayo</i>	<i>25M_13</i>	-35.4	-60.1
	<i>Urdinarrian</i>	<i>Ur_13</i>	-32.7	-58.6
2014	<i>M.J. Moreno</i>	<i>MJM_14</i>	-32.5	-62.0
	<i>Noetinger</i>	<i>No_14</i>	-32.4	-62.3
	<i>M. Juarez</i>	<i>MJ_14</i>	-32.7	-62.0
	<i>Jovita</i>	<i>Jo_14</i>	-34.5	-64.0
	<i>9 de Julio</i>	<i>9J_14</i>	-35.4	-60.8
	<i>La Picada</i>	<i>LP_14</i>	-31.7	-60.3
	<i>Colonia</i>	<i>Co_14</i>	-31.8	-60.6
	<i>Río II</i>	<i>RII_14</i>	-31.6	-63.8
	<i>Laboulaye</i>	<i>Lab_14</i>	-34.0	-63.9
	<i>Godoy</i>	<i>Go_14</i>	-33.3	-60.5
	<i>Bustinza</i>	<i>Bu_14</i>	-32.5	-61.2
	<i>El Fortín</i>	<i>EF_14</i>	-31.6	-62.1
	<i>Pergamino</i>	<i>Pe_14</i>	-34.0	-60.1
	<i>Salto</i>	<i>S_14</i>	-34.3	-60.4

**Tabla 1.** Lista de sitios evaluados

En cada sitio se evaluaron 9 híbridos simples comerciales de maíz de diferentes semilleros (Tabla 2). Los genotipos fueron seleccionados por cada semillero, y mostraron un rango de madurez relativa de 120 a 123 (Tabla 2). En cada sitio el diseño fue en bloques completos aleatorizados con dos repeticiones (con excepción de 25M\_13 que contó con tres repeticiones). Las parcelas tuvieron 6 a 8 surcos de ancho y 200 a 240 m de largo, dependiendo del sitio. El espaciamiento entre surcos fue de 0.52 m.

GENOTIPO	SEMILLERO	MADUREZ RELATIVA
ACA_470	ACA	120
ADV_8112	Advanta	122
ARV_2155	Arvales	121
ARV_2194	Arvales	122
DK_7210	Monsanto	122
Dow_505	Dow Agr.	121
Dow_510	Dow Agr.	123
NK_840	Syngenta	121
NK_860	Syngenta	122

**Tabla 2** Lista de genotipos comerciales.

Todos los ensayos fueron manejados en base a decisiones del productor y con su tecnología disponible, lo cual los hace representativos de la producción de maíz en Argentina (Tabla 3). Todos los ensayos fueron en secano, y las malezas e insectos controlados químicamente. El tipo de suelo varió desde suelos de buena aptitud para agricultura (tipo I, II y III) hasta suelos más restrictivos (tipo IV, V y VI) (Tabla 3). El antecesor en la mayoría fue soja. En cada sitio se tomaron muestras de suelo hasta los 60 cm de profundidad antes de la siembra para determinar las propiedades del suelo. El porcentaje de materia orgánica (% MO) y la cantidad de P (ppm) fueron determinados para 0-20 cm de profundidad, y la cantidad de N-NO<sub>3</sub> hasta los 60 cm (Tabla 3). La cantidad de N y P aplicada fue definida por los productores en base al análisis de suelo, rendimientos esperados y costos. Durante el muestreo de suelo se registró además la presencia y profundidad de la napa (Tabla 3).

Los datos de rendimiento se presentan al 14 % de humedad. El rendimiento de

cada parcela (franjas) se determinó mediante sensores ubicados en las cosechadoras. La mayoría de los ensayos no mostraron incidencia relevante de quebrado o enfermedades. La fecha de primera helada siempre fue después de la madurez fisiológica del cultivo.

CÓD.	F. DE S.	DEN. (PL M <sup>-2</sup> )	MO (%)	N DISPONIBLE (KG HA <sup>-1</sup> )	P SUELO (PPM)	P FERTI. (KG HA <sup>-1</sup> )	SUELO	NAPA <sup>2</sup>	PRECIP. (MM) <sup>2</sup>
Cr_13	01-Dic	6.9	2.74	127	10	0	llls	0	382
So_13	24-Dic	5.9	3.41	127	9	13	llls	0	296
La_13	20-Dic	6.8	2.07	169	19	21	llc	1	450
9J_13	20-Nov	6.3	2.73	78	8.3	17	lll	1	562
Bu_13	30-Dic	6.4	3.82	65	17	11	l	1	392
EF_13	03-Ene	6.3	2.85	81	32	9	Vlws	1	389
RIL_13	24-Dic	6.5	2.11	180	20	9	lllc	0	361
25M_13	20-Dic	6.5	2.01	142	5	18	Vles	1	478
Ur_13	24-Dic	6.2	4.34	123	12	17	lll	0	696
MJM_14	01-Dic	6.5	2.63	266	68	51	lls	0	585
No_14	14-Dic	6.5	2.51	437	47	22	Ilc	1	497
MJ_14	02-Dic	6.5	2.87	408	62	67	l	1	650
Jo_14	07-Dic	5.5	0.97	163	12	16	llc	1	518
9J_14	06-Dic	6.1	2.60	231	7	24	lllws	0	846
LP_14	15-Dic	6.5	1.73	463	31	30	llep	1	754
Co_14	06-Ene	7.0	2.70	372	42	20	llep	1	566
RIL_14	19-Dic	5.4	2.03	144	22	9	lllc	0	554
Lab_14	17-Dic	6.1	1.52	182	29	16	lllsc	1	663
Go_14	12-Dic	7.6	2.41	211	16	13	lllwe	1	1095
Bu_14	20-Dic	6.0	2.46	141	11.5	14	ll	1	666
EF_14	17-Dic	6.0	2.47	110	34	15	V	1	675
Per_14	16-Dic	6.6	3.50	196	58	36	llep	0	986
S_14	14-Dic	6.8	3.14	182	17	45	l	0	1156

**Tabla 3.** Características del manejo y ambiente en cada sitio evaluado.

### Variables predictoras

Uno de los principales intereses de este estudio fue incorporar variables de manejo y ambiente como predictores fijos. La inclusión de predictores estuvo basada en diferentes aspectos, que incluyen interés en el efecto de la variable, disponibilidad de datos y variación entre sitios. Se analizaron los siguientes predictores:

- a. Fecha de siembra: como días después del 1 de Noviembre (variable cuantitativa).
- b. Densidad de plantas a cosecha ( $\text{pl m}^{-2}$ ): como variable cuantitativa.
- c. Nitrógeno disponible a la siembra ( $\text{kg ha}^{-1}$ , 0-60 cm) + fertilizante como variable cuantitativa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (desde ahora llamado N disponible).
- d. Fósforo del suelo (ppm, 0-20 cm): como variable cuantitativa variable (desde ahora llamado P suelo).
- e. Tipo de suelo: como variable categórica. Los suelos fueron agrupados en tres niveles: I-II, III, and IV-V-VI.
- f. Precipitaciones durante el ciclo (mm): como variable cuantitativa.
- g. Napa a la siembra: como variable nominal (dos niveles: 0, ausencia; 1, presencia a menos de 2 m de profundidad).

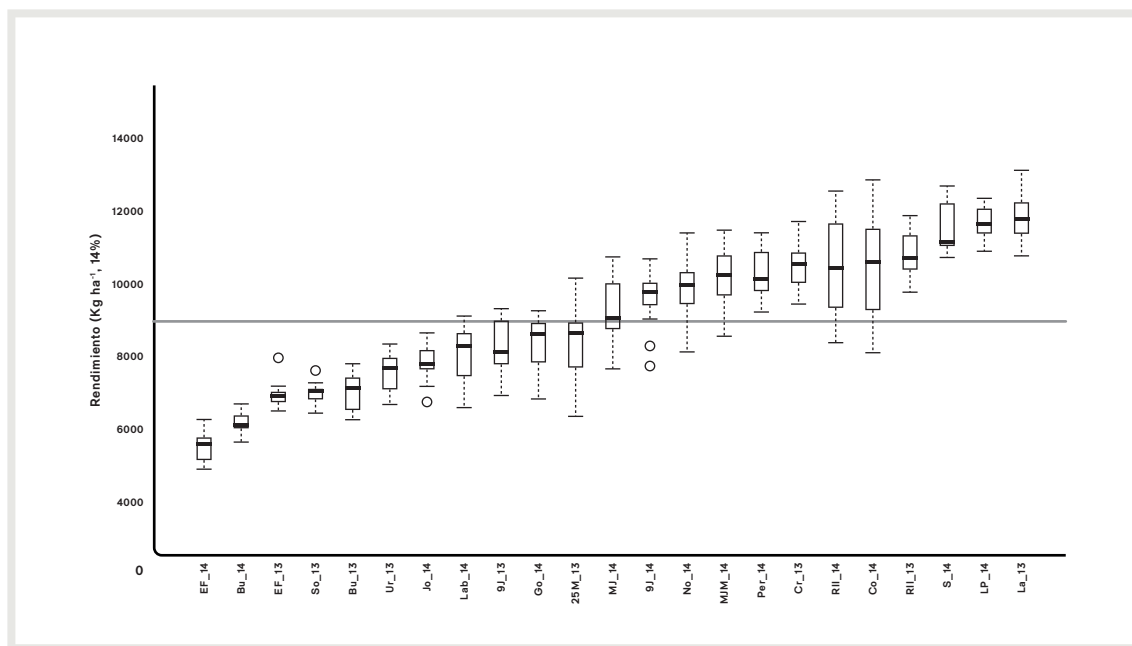
### *Análisis estadístico y selección de modelos*

Se usaron modelos de efectos mixtos para evaluar la influencia de diferentes predictores sobre el rendimiento (ajustado a 14 % de humedad) con el software R. (paquete lme4, función lmer) (Bates et al., 2013). Un mayor detalle de la aproximación utilizada puede encontrarse en el artículo.

## **Resultados**

### *Variación en manejo y ambiente a través de los sitio*

Tanto el manejo como el ambiente mostraron amplia variación a través de los sitios (Tabla 3). La fecha de siembra varió desde el 20 de Noviembre al 6 de Enero, la densidad de plantas de 5.4 a 7.6 plantas  $\text{m}^{-2}$ , la cantidad de N disponible varió de 65 a 463  $\text{kg ha}^{-1}$ , y el P suelo de 5 a 68 ppm (Tabla 3). Se detectó presencia de napa a la siembra a menos de 2 m de profundidad en la mayoría de los sitios. Las precipitaciones durante el ciclo mostraron variación de 296 a 1156 mm (Tabla 3). Estas variaciones en manejo y ambiente se traducen en una importante variación en los rendimientos a través de los sitios, desde 5.555 a 12.078  $\text{kg ha}^{-1}$ . Los rendimientos ajustados se muestran en la Fig. 1.



**Figura 1.** Boxplot de rendimiento ajustado para 23 ambientes. La línea blanca horizontal indica la media del conjunto de datos. A través de los sitios se evaluaron 9 genotipos bajo manejo de productor.

### Variación de rendimiento asociada a genotipo, ambiente, manejo y sus interacciones

Un primer análisis involucró determinar cuánto de la variación en rendimiento estuvo asociado al genotipo, ambiente, y a las interacciones GxA y GxM. En este primer paso no se tuvieron en cuenta las variables predictoras ya que el interés fue conocer la variabilidad en rendimiento asociada a cada componente. Es lo que llamamos un modelo nulo. El modelo ajustado indicó que la mayor variación en rendimiento se debe a variaciones entre ambientes (68%), seguido de la interacción GxA (8%), variación entre genotipos (5%), e interacción GxM (particularmente dada por interacción genotipo x N disponible, 1%). Estos resultados son acordes a la variación en rendimiento observado en la Fig. 1.

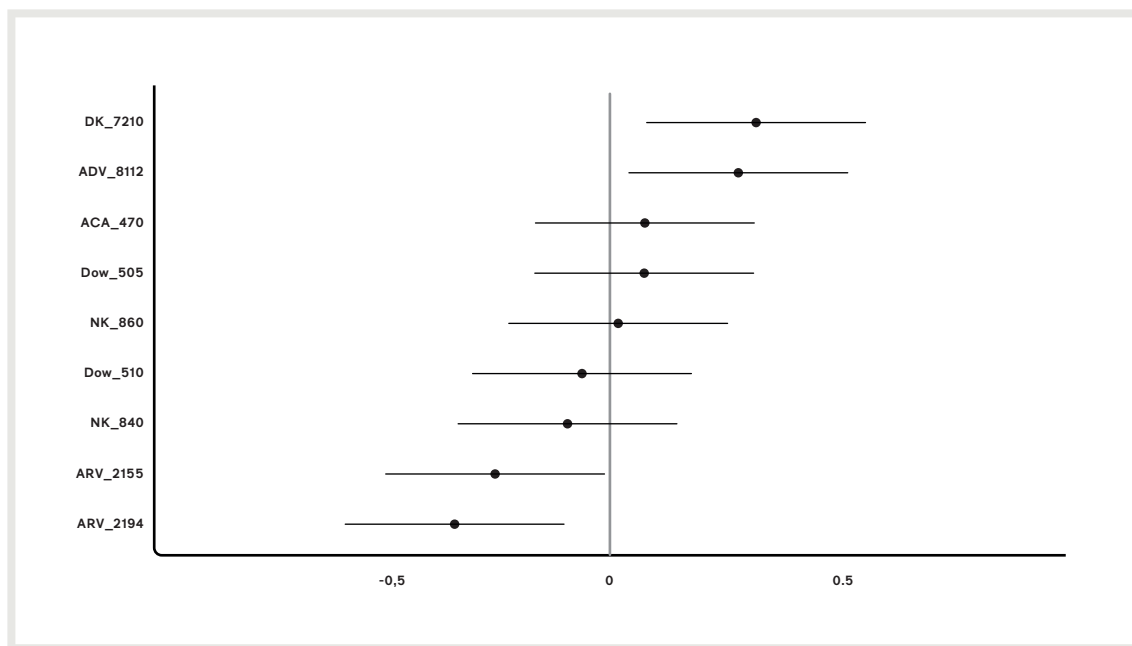
Un segundo paso en el análisis fue determinar qué proporción de esa variación en rendimiento entre ambientes (el componente que se lleva la mayor variación de los rendimientos) se debe a variables específicas de manejo (fecha de siembra, densidad, N

disponible) o ambiente (P de suelo, tipo de suelo, precipitaciones, napa). Los modelos que mejor ajustaron al set de datos se muestran en la Tabla 4, siendo el mejor (basado en AIC) el modelo A. Este modelo indicó que el 42.3% de la variación en rendimiento entre ambientes se debió al N disponible, a la densidad de plantas y la presencia o no de napa a la siembra. Mientras que la variación de rendimiento entre ambientes fue de 2.072 kg ha<sup>-1</sup> en el modelo nulo, esta variación se redujo a 1.496 kg ha<sup>-1</sup> cuando se tuvo en cuenta información particular de manejo o ambiente.

MODELO	VARIABLES DE MANEJO				VARIABLES AMBIENTALES						
	DENSIDAD	F.DE SIEM.	P. DE SUELO	DISPONIBILIDAD N SIEMBRA	SUELO	LLUVIAS	NAPA	R <sup>2</sup> <sub>w</sub>	R <sup>2</sup> <sub>c</sub>	AIC	ΔAIC
A	X			X			X	0.38	0.91	622	0
B				X			X	0.34	0.91	623	1
C	X	X		X			X	0.37	0.91	624	2
D				X		X	X	0.34	0.91	625	3
E			X	X			X	0.34	0.91	625	3
F		X		X			X	0.34	0.91	625	3
G				X	X		X	0.36	0.91	625	3
H	X		X		X		X	0.36	0.91	625	3
I				X		X		0.29	0.91	626	3
J	X		X	X		X	X	0.37	0.91	626	3
K								-	-	632	10

**Tabla 4.** Listado de los 10 mejores modelos (A-J) ajustado al set de datos completo, con el objetivo de determinar el efecto de variables de manejo y ambiente sobre el rendimiento de maíz tardío. Se indica además el modelo nulo (K). Celda con una cruz indica la variable que fue incluida en un modelo particular. Se indica además información sobre la bondad de ajuste del modelo (AIC, R<sup>2</sup><sub>w</sub> o varianza explicada por efectos fijos y R<sup>2</sup><sub>c</sub> o varianza explicada por el modelo entero).

El mejor modelo también indicó una variación de rendimiento entre genotipos de 606 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual demuestra la importancia de la elección del genotipo como variable de manejo. Entre los genotipos de mejor comportamiento a través de todos los ambientes aparecen DK\_7210 y ADV\_8112, y entre los genotipos de relativo menor comportamiento aparecen ARV\_2194 y ARV\_2155. Lo mismo se aplica para la respuesta a N; la respuesta del rendimiento al N disponible fue mayor o menor dependiente del genotipo particular (aspecto que se discute a continuación).



**Figura 2.**  $G_i$  representa el efecto del genotipo a través de todos los sitios (en escala estandarizada). Los genotipos están ordenados por comportamiento relativo, siendo DK\_7210 el de mejor comportamiento. La barra indica la variación entre genotipos (606 kg)

### *Influencia de variables de manejo o ambiente*

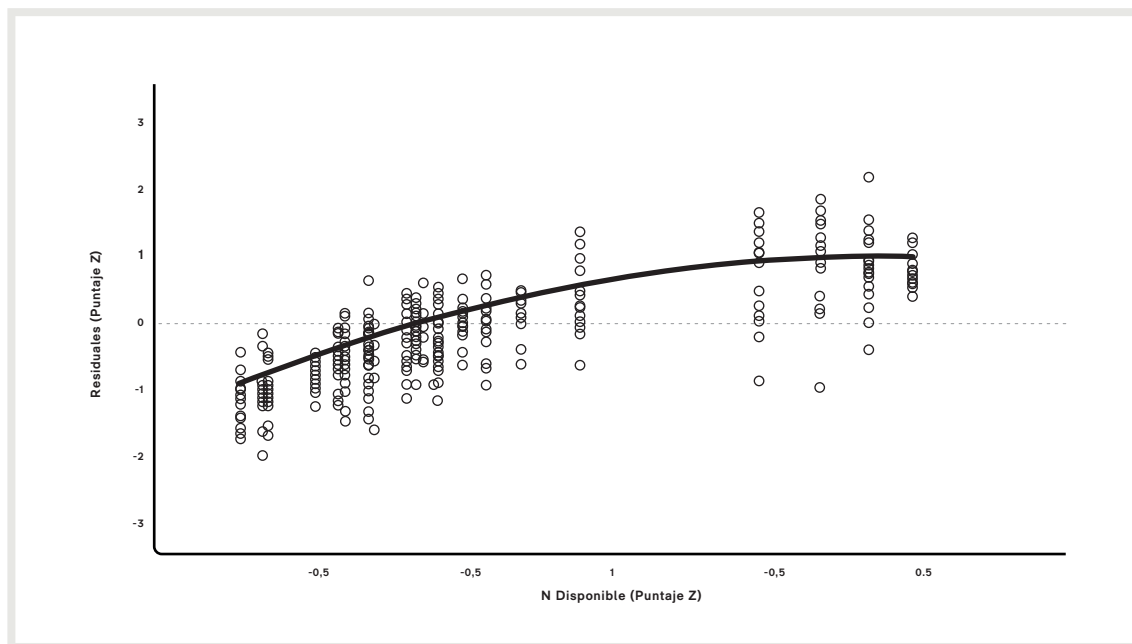
En general, los modelos que tienen en cuenta variables de manejo y ambiente mejoran la capacidad predictiva del mismo (Tabla 4). Esto se evidencia cuando se compara el AIC del modelo nulo, sin predictores (modelo K), con los primeros 10 modelos con al menos un efecto fijo (modelos A-J). Entre las variables de manejo, la densidad y el N disponible aparecen en los mejores modelos. Entre las variables ambientales la presencia de la napa a la siembra fue la variable que aparece en la mayoría de los mejores modelos. La variación explicada por los efectos fijos ( $R^2_m$ ) a través de los modelos varió desde 0.29 a 0.38, mientras que la varianza explicada por el modelo general ( $R^2_g$ ) fue mayor a 0.90, indicando que los modelos describieron los datos observados de manera adecuada.

Entre los modelos con predictores (modelos A-J), no hubo importantes diferencias en AIC, indicando que no hubo claramente un único mejor modelo. Se encontró que el mejor modelo que describe los datos fue el modelo A. El modelo A incluye dos variables

de manejo (densidad y N disponible) y una variable ambiental (presencia de napa a la siembra) (Tabla 4). Es interesante destacar que el N disponible, una variable fácilmente manejada por el productor, aparece en la mayoría de los mejores modelos.

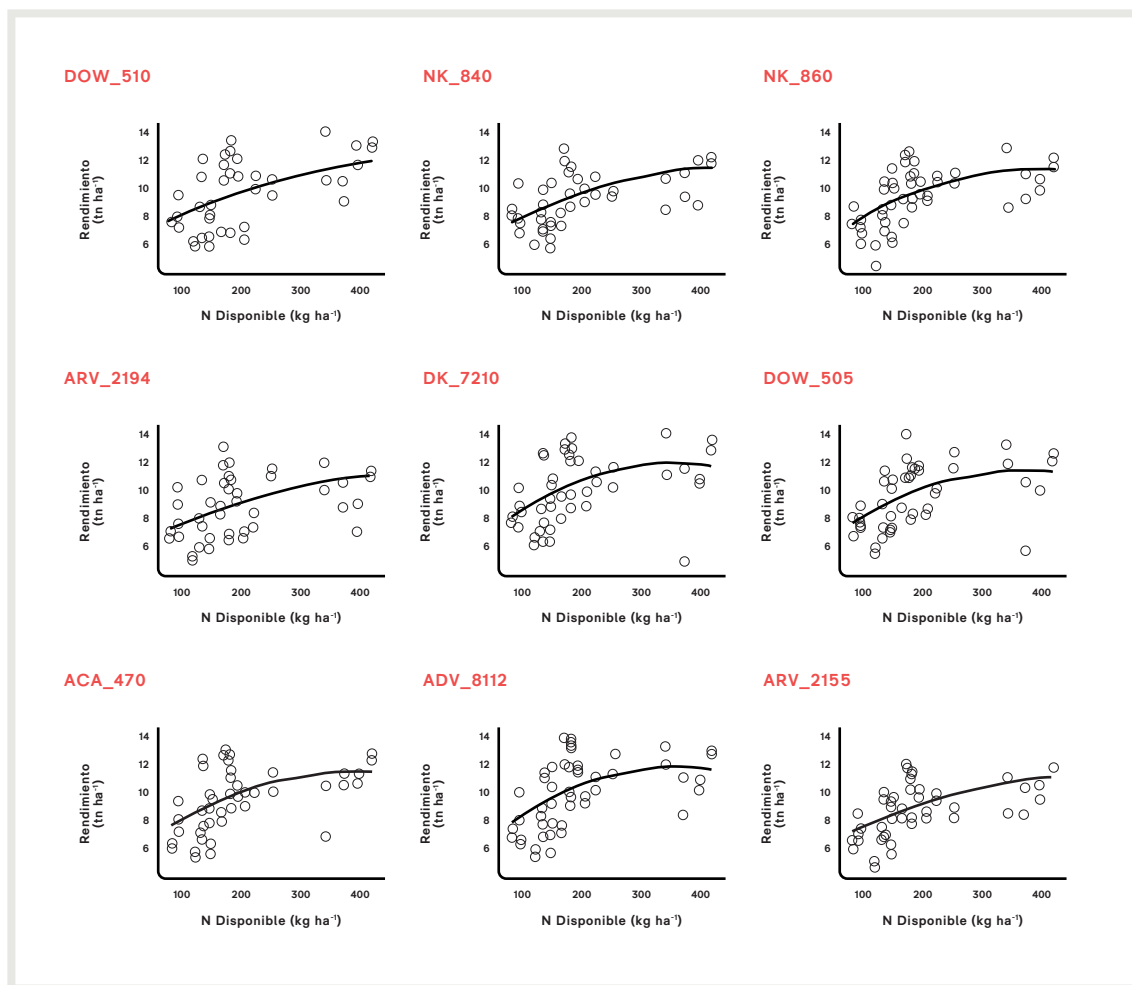
A partir de esto se analizó la estimación de los coeficientes del mejor modelo (modelo A, Tabla 4). Esto permitió cuantificar la influencia de cada variable sobre el rendimiento. El N disponible fue la variable de manejo más importante, seguida de la presencia de napa y de la densidad de plantas.

El N disponible mostró un efecto positivo y decreciente sobre el rendimiento (Fig. 3), con una pendiente inicial de  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  por Kg N disponible. Llamativamente, esta respuesta inicial varió con el genotipo (Fig. 3). Por ejemplo, esta respuesta fue  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  mayor en DK\_7210 y  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  menor para ADV\_2194 (Fig. 3). La respuesta para cada genotipo particular se muestra en la Fig. S2.



**Figura 3.** Residuales de rendimiento versus N disponible para el set de datos completo. Los residuales fueron obtenidos restando a cada dato observado el rendimiento estimado del modelo final sin efecto de N disponible. Los datos se encuentran estandarizados en puntaje z por diferencias de escalas entre las variables consideradas. La línea negra indica el ajuste general para N disponible.

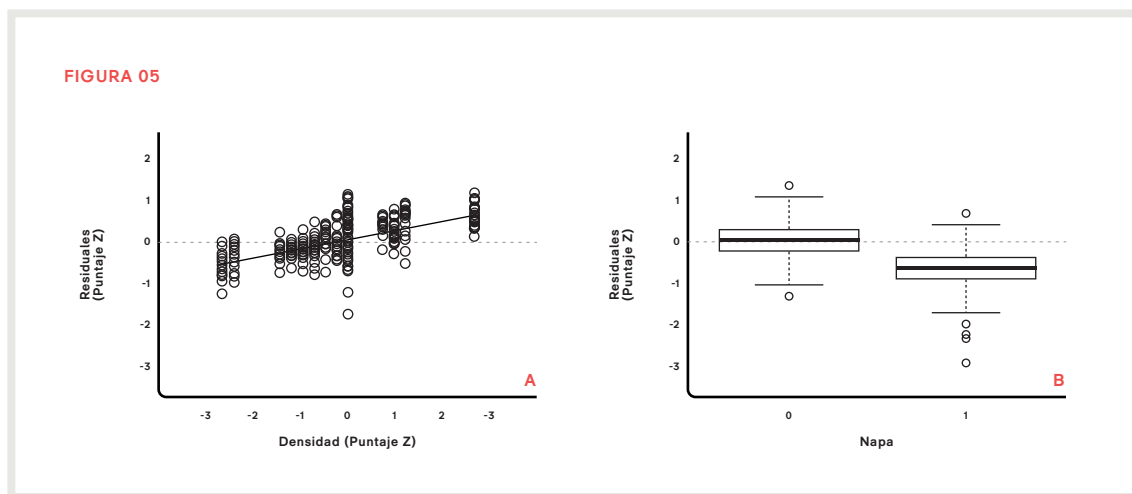




**Figura 4.** Respuesta del rendimiento al N disponible para cada genotipo. La línea negra indica el ajuste parcial para N disponible.

La densidad de plantas mostró un efecto positivo sobre el rendimiento (Fig. 5A). Aumentar la densidad de plantas en 10.000 plantas  $ha^{-1}$  en el rango de 54.000 a 76.000 plantas  $ha^{-1}$  promovió un aumento del rendimiento de 1.001  $kg\ ha^{-1}$ . Este efecto fue general y no hubo indicación de una diferente respuesta entre genotipos (datos no mostrados).

La presencia de napa a la siembra mostró un efecto negativo sobre el rendimiento (Fig. 5B), de -1361  $kg\ ha^{-1}$  ante la presencia de napa a la siembra. Esta presencia de napa no estuvo asociada a suelos pobres. Alrededor del 70% de los datos observados de presencia



**Figura 5.** Residuales de rendimiento versus densidad (A) y napa (B) para el set de datos completo. Los residuales fueron obtenidos restando a cada dato observado el rendimiento estimado del modelo final sin efecto de densidad (A) o napa (B). Los datos se encuentran estandarizados en puntaje z por diferencias de escalas entre las variables consideradas. La línea negra en A indica el ajuste general para densidad. En (B) ausencia de napa es indicado con 0 y presencia con 1.

## Discusión

Los modelos mixtos son una herramienta muy poderosa de análisis estadístico (Zuur et al., 2009). Son actualmente aplicados en diferentes disciplinas, donde análisis más simples y clásicos (como ANOVA) tienen problemas (Smith et al., 2001; Bolker et al., 2008; Merlo et al., 2005). Las ventajas de estos modelos incluye la capacidad de trabajar con bases de datos desbalanceadas, bases de datos anidadas y jerárquicas, la capacidad de usar modelos para la estimación del error dentro de los ensayos (variación espacial), y la habilidad de asumir determinados efectos fijos o aleatorios (Smith et al., 2005; Zuur et al., 2009). En este trabajo hemos expandido su uso para comprender decisiones de manejo.

Demostramos que la correcta elección del genotipo a siembra y las prácticas de manejo son relevantes al momento de optimizar el rendimiento de maíces tardíos. El efecto nulo del P en el suelo está de acuerdo con otros resultados de la región en estudio, que muestran menores valores de respuesta y umbrales menores en siembras tardías producto de las mayores temperaturas exploradas que en fechas tempranas (Ferraris y Couretot, 2014). Hemos confirmado que variables climáticas como lluvias durante el ciclo del cultivo tienen

una influencia menor. Esto está relacionado con la menor demanda evapotranspirativa en estas condiciones de crecimiento cuando se lo compara con un maíz temprano (Maddonni, 2012). Incluso hemos detectado que la presencia de una napa de agua subterránea tiene un efecto negativo sobre el rendimiento del maíz en estas fechas de siembra tardías.

Si bien las recomendaciones de dosis de N dependen de la calidad ambiental (Alvarez, 2008; Salvagiotti et al., 2011), hemos encontrado una respuesta general positiva del rendimiento. La regresión general es una curva de respuesta con saturación (Fig. 3; de Wit, 1953). Interesantemente, hemos mostrado que parte de la variación descrita en la Fig. 3 se debe a diferencias entre genotipos en su respuesta al nutriente (Fig. 4). Estos resultados muestran que el productor debe coordinar su inversión en N con la selección del genotipo. Si bien es reconocido que genotipos viejos y nuevos tienen diferentes respuestas (Ma y Dwyer, 1998), variaciones entre genotipos comerciales es escasa.

La respuesta del rendimiento de maíz a la densidad de siembra de un genotipo particular creciendo en un ambiente particular con un manejo particular es típicamente parbólica (Williams et al., 1968; Giebrech, 1969; Westgate et al., 1997; Hashemi et al., 2005). Los resultados muestran una respuesta general positiva a la densidad de siembra, sugiriendo que estamos explorando la parte de respuesta positiva de esta curva. Esta respuesta positiva, sin embargo, indicando que los productores están sub-valorando la densidad óptima de estos ambientes. Más información nos permitirá explorar si las recomendaciones de densidad de siembra varían entre genotipos y ambientes. Esto es relevante porque se reconoce que la densidad óptima depende del genotipo particular y la calidad ambiental (Duncan, 1954; Rutger y Crowder, 1967; Brown et al., 1970; Carlone y Russell, 1987; Bavec y Bavec, 2002; Hernández et al., 2014).

## Conclusiones

Exploramos la influencia de diferentes genotipos, manejos, ambientes e interacciones genotipo x manejo sobre el rendimiento de maíces tardíos. Nuestro modelo describió satisfactoriamente la variabilidad temporal y espacial del rendimiento ( $r^2 = 0.91$ ), que fue de 5.555 a 12.078 kg ha<sup>-1</sup>.

A pesar de las limitaciones de la muestra (ambientes, genotipos, combinaciones de manejo) pudimos mostrar que las decisiones de los productores relativas a elección de genotipo, disponibilidad de N y densidad de siembra son relevantes en términos de rendimiento. Lluvias y tipo de suelo mostraron efecto limitado. La presencia de una napa de agua subterránea mostró efectos negativos, sugiriendo que la disponibilidad de agua puede estar en exceso en estos ambientes. Disponibilidad de N y elección de genotipo deben ser manejados en combinación, los resultados han mostrado diferencias entre los genotipos comerciales en su respuesta a N.

La versión completa del presente artículo se encuentra disponible en Gambín (2016).

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a los agrónomos de AAPRESID y a productores por ayuda en la toma de muestras y conducción de los ensayos de campo. Y a las empresas semilleras participantes por financiar estos estudios.

## Referencias

- Alvarez, R., 2008. Analysis of yield response variability to nitrogen fertilization in experiments performed in the Argentine Pampas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39, 1235-1244.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., 2013. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-5. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- Bavec, F., Bavec, M., 2002. Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing maize cultivars (FAO 100–400). *European Journal of Agronomy* 16, 151–159.
- Bolker, B.M., Brooks, M.E., Clark, C.J., Geange, S.W., Poulsen, J.R., Stevens, M.H.H., White, J.S.S., 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 24, 127-135.
- Brown, R.H., Beaty, E.R., Ethredge, W.J., Hayes, D.D., 1970. Influence of row width and plant population on yield of two varieties of corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal* 62, 767-770.
- Carlone, M.R., Russell, W.A., 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. *Crop Science* 27, 465-470.
- de Wit, C.T., 1953. A physical theory on placement of fertilizers. *Vers. Landbrouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.)* 59.4. Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- Duncan, E.R., 1954. Influences of varying plant population, soil fertility and hybrid on corn yields. *Soil Science Society Proceedings* 18, 437-440.
- Ferraris, G.N., Couretot, L.A., 2014. Elección de ambientes, rendimiento y fertilización de maíz según fecha de siembra. *Revista Técnica Siembra Directa Maíz*, pp. 58-63.

- Gambín, B.L., Coyos, T., DiMauro, G. Borrás, L., Garibaldi, L. 2016. Exploring genotype, management, and environmental variables influencing grain yield of late-sown maize in central Argentina. *Agricultural Systems* 146, 11-19.
- Giebrech, J., 1969. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* 1L.) hybrids. *Agronomy Journal* 61, 439-441.
- Hashemi, A.M., Helbert, S.J., Putnam, D.H., 2005. Yield response of corn to crowding stress. *Agronomy Journal* 97, 839-846.
- Hernández, F., Amelong, A., Borrás, L., 2014. Genotypic differences among Argentinean maize hybrids in yield response to stand density. *Agronomy Journal* 106, 2316-2324.
- Ma, B.L., Dwyer, L.M., 1998. Nitrogen uptake and use of contrasting maize hybrids differing in leaf senescence. *Plant and Soil* 199, 283-291.
- Maddonni, G.A., 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina— a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 325-345.
- Merlo, J., Yang, M., Chaix, B., Lynch, J., Råstam, L., 2005. A brief conceptual tutorial on multilevel analysis in social epidemiology: investigating contextual phenomena in different groups of people. *Journal of Epidemiology and Community Health* 59, 729-736.
- PAS. Panorama Agrícola Semanal. 2015. Bolsa de Cereales, Argentina. URL <http://www.bolsadecereales.org/>
- Rutger, J.N., Crowder, L.V., 1967. Effect of high plant density on silage and grain yields of six com hybrids. *Crop Science* 7, 182-184.
- Salvagiotti, F., Catellarín, J., Ferraguti, F., Pedrol, H., 2011. Economic optimal nitrogen rate as

affected by yield potential and nitrogen supply in the northern pampas. *Ciencia de Suelo* 29, 199-212.

— Smith, A.B., Cullis, B.R., Thompson, R., 2001. Analyzing variety by environmental data using multiplicative mixed models and adjustments for spatial field trend. *Biometrics* 57, 1138-1147.

— Smith, A.B., Cullis, B.R., Thompson, R., 2005. The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: An overview of current mixed model approaches. *Journal of Agricultural Science* 143, 449-462.

— Westgate, M.E., Forcella, F., Reicosky, D.C., Somsen, J., 1997. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: Radiation-use efficiency and grain yield. *Field Crops Research* 49, 249-258.

— Williams, W.A., Loomis, R.S., Duncan, W.G., Dovrat, A., Nunez, A.F., 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Science* 8, 303-308.

— Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., Smith, G.M., 2009. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer, New York.

# — Fertilización nitrogenada en maíces tardíos y de segunda

## AUTORES

**Fernando Salvagiotti**

—

Grupo de Manejo de cultivos, suelo y agua  
Departamento Agronomía  
INTA Oliveros.  
E: salvagiotti.fernando@inta.gob.ar



## Aspectos ecofisiológicos relacionados con la producción y la fertilización nitrogenada en maíces de siembra tardía

La siembra de maíz en fechas tardías en la región pampeana tiene como objetivo ubicar el periodo crítico de la definición del número de granos desde principios de Febrero, cuando la disponibilidad de los recursos hídricos, el factor más limitante en producción de secano, es más favorable para la definición del número de granos. Para que esto ocurra, el maíz debería ser sembrado entre el 10 y 25 de diciembre. Sin embargo, la disponibilidad de los demás recursos necesarios para la producción debe estar disponible para lograr el máximo rendimiento alcanzable, entre ellos el nitrógeno (N).

Al momento de la floración femenina, el cultivo de maíz absorbe aproximadamente el 70% del N total requerido durante el ciclo (Ciampitti et al., 2013). En maíces de siembra tardía, el crecimiento durante este periodo ocurre en condiciones de temperaturas más altas que los maíces de siembra temprana, incrementando las tasas de crecimiento (y absorción de nutrientes) del cultivo. Entonces, el manejo del nitrógeno debe contemplar esta dinámica para asegurar que el N esté disponible en el periodo de definición del número de granos. Una de las estrategias para hacer un uso más eficiente del N es la división de las aplicaciones, que se verá más restringida (desde el punto de vista logístico) como consecuencia de la mayor velocidad de crecimiento del cultivo (i.e. un maíz de fecha de siembra temprana en región pampeana llega al estadio de 6 hojas en aproximadamente 60 días después de la siembra, mientras que un maíz de siembra tardía alcanza este estadio en 20-25 días).

En cuanto a la oferta de recursos, es importante tener en cuenta que la siembra tardía de maíz puede presentar diferentes alternativas de acuerdo a la intensificación que se haga en cada lote: (i) *Maíz Tardío*, sembrado sobre el barbecho del cultivo estival anterior, generalmente soja y (ii) *Maíz de segunda*, sembrado sobre un cultivo de cobertura o de cosecha realizado en el periodo invierno-primaveral. En cualquiera de estas alternativas, la oferta y uso de los recursos hídricos y de nutrientes va a ser diferente e implicará un manejo distinto de la fertilización con nitrógeno. La dinámica del N en el sistema suelo-planta en maíces tempranos y de siembra tardía.

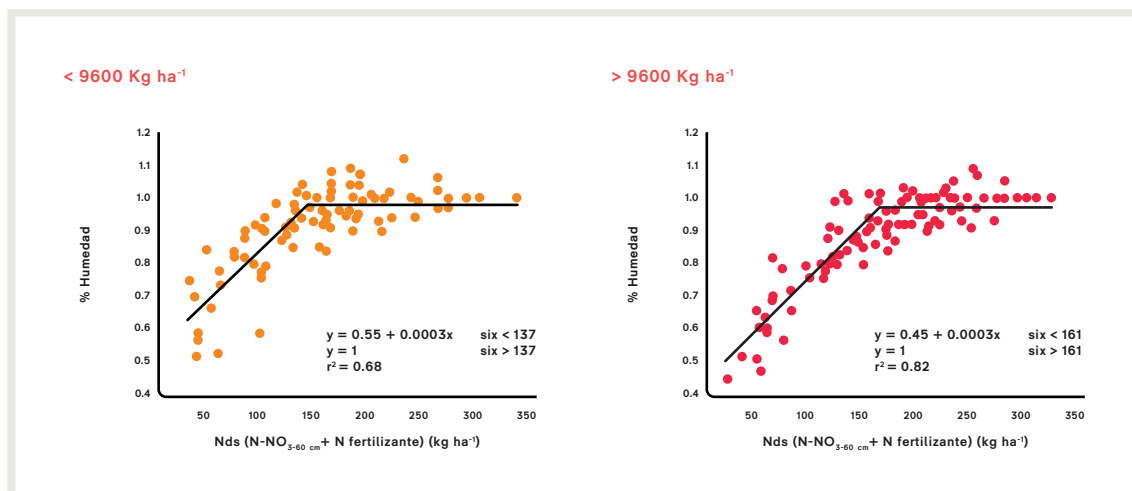
En la región pampeana norte, tradicionalmente el maíz se ha sembrado en los meses de septiembre – octubre. Esto ocurre a la salida del invierno, donde coinciden bajas temperaturas y bajo nivel de precipitaciones, por lo que la oferta de nitrógeno (N) a la siembra es baja. En estas condiciones, Salvagiotti et al (2011) observaron contenidos de N-NO<sub>3</sub> de hasta 15 ppm en los 60 cm superficiales del suelo.

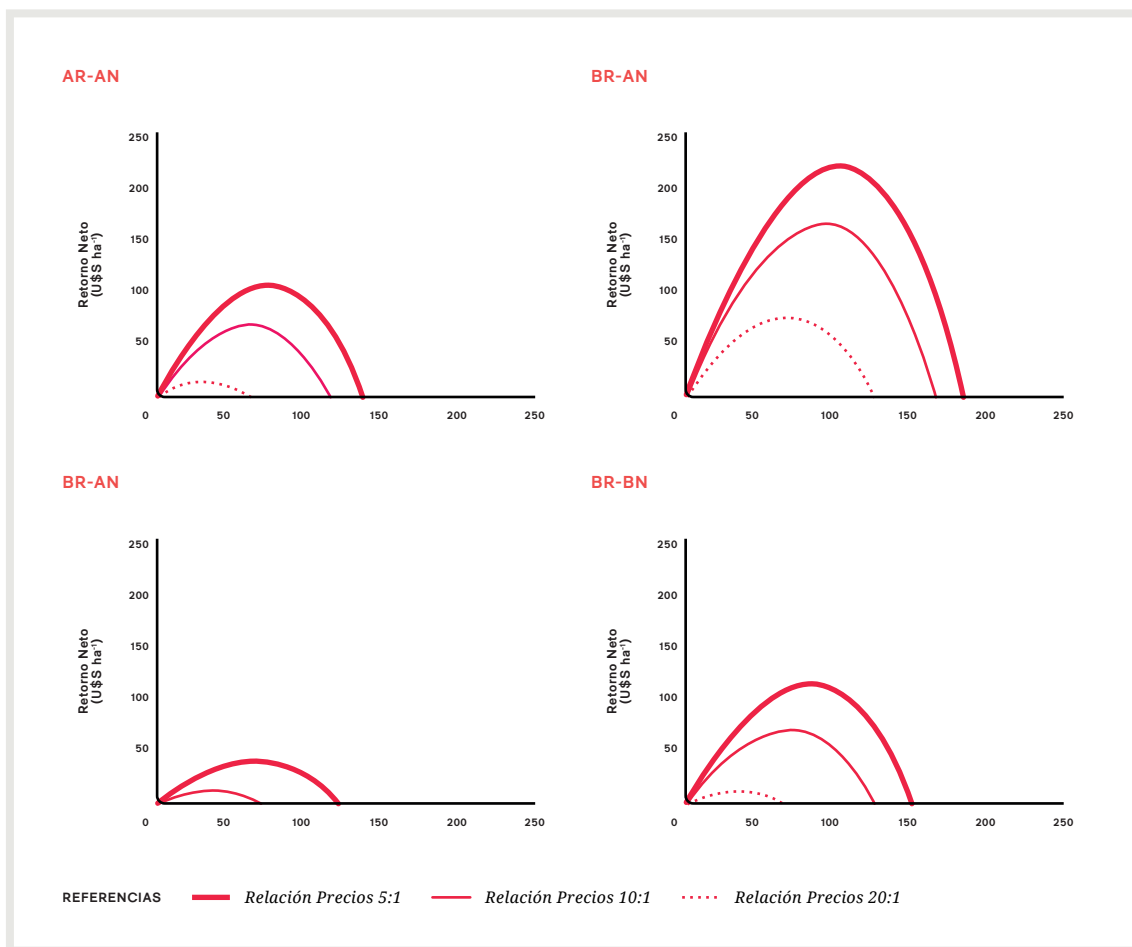
Dada la amplitud de la ventana agroclimática en la región, en los últimos años se ha difundido la siembra de maíz en fechas tardías, a partir de mediados de diciembre. La dinámica del N en el suelo en esta época es diferente con respecto de siembras tempranas, ya que las temperaturas son mayores y la disponibilidad hídrica es más alta, afectando la mineralización de la materia orgánica. En estos planteos, el manejo del N en será diferente de acuerdo a la intensificación de cada sistema de producción. Así, cuando el maíz es implantado luego de un cultivo invernal gramínea, como por ejemplo trigo que es cosechado a fines de noviembre, el maíz estará en un ambiente de baja disponibilidad de N (sumando el consumo de N del antecesor trigo más la inmovilización de los residuos con alta relación C:N) y con mayores restricciones en la disponibilidad de agua debido al consumo que hizo el trigo, que puede llegar a extraer agua hasta los 2 m de profundidad. Sin embargo, el ambiente que el cultivo explore será distinto si el cultivo invernal antecesor es una leguminosa, ya que existe un aporte de N a través de la fijación biológica de N (FBN), y este aporte tendrá diferente impacto según la leguminosa sea utilizada como cultivo de cobertura (todo el N formara parte del N del suelo) o como cultivo de grano (parte del N es exportado con la cosecha). En región pampeana, la vicia es una alternativa a ser incluida como cultivo de cobertura leguminosa, y la siembra de arveja o lenteja en invierno son alternativas de incluir leguminosas de grano. En todos los casos se combinan tiempos de exposición de residuos con diferente calidad química, que afectará la mineralización del N y la respuesta a la fertilización nitrogenada. En todos estos casos entonces, *el aporte de residuos con distinta calidad y tiempo de exposición a las condiciones ambientales afectará la mineralización del N y tendrá distinto impacto en el diagnóstico de la fertilización nitrogenada y el uso del N en el cultivo de maíz tardío.*

## El diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíces de primera.

El método de diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíces de siembra temprana más utilizado es el que estima la cantidad de N necesario sumando la disponibilidad de N como nitratos a la siembra en los primeros 60 cm y el N del fertilizante, para alcanzar la máxima producción. Estos modelos empíricos son una simplificación del modelo del balance de N y sus parámetros deben ser ajustados localmente (i.e. representar un determinado tipo de suelo, el nivel de rendimiento, cultivos antecesores). Para maíces de primera en suelos Argiudoles típicos del centro-sur de Santa Fe implantados sobre residuos de soja como cultivo anterior, Salvagiotti et al (2011) determinaron umbrales de N disponible a la siembra (Nds) entre 135 y 162 kg N ha<sup>-1</sup> según potencial de producción del sitio (Figura 1a).

En la Figura 1b se muestra la curva de respuesta del cultivo de maíz a la fertilización con nitrógeno en distintos escenarios en donde se combina el potencial de producción de los cultivos (determinado por el manejo del cultivo y la captura de recursos del ambiente que haga el cultivo) y la capacidad de los suelos de brindar nutrientes: (i) condiciones de alta producción (AR) en suelos degradados con baja capacidad de brindar N (BN), donde la respuesta será la más amplia; (ii) bajo las mismas condiciones de producción pero en suelos de alta fertilidad (AN), donde la provisión del N del suelo es buena, pero el potencial de producción hace que exista respuesta a la fertilización, aunque de menor magnitud;



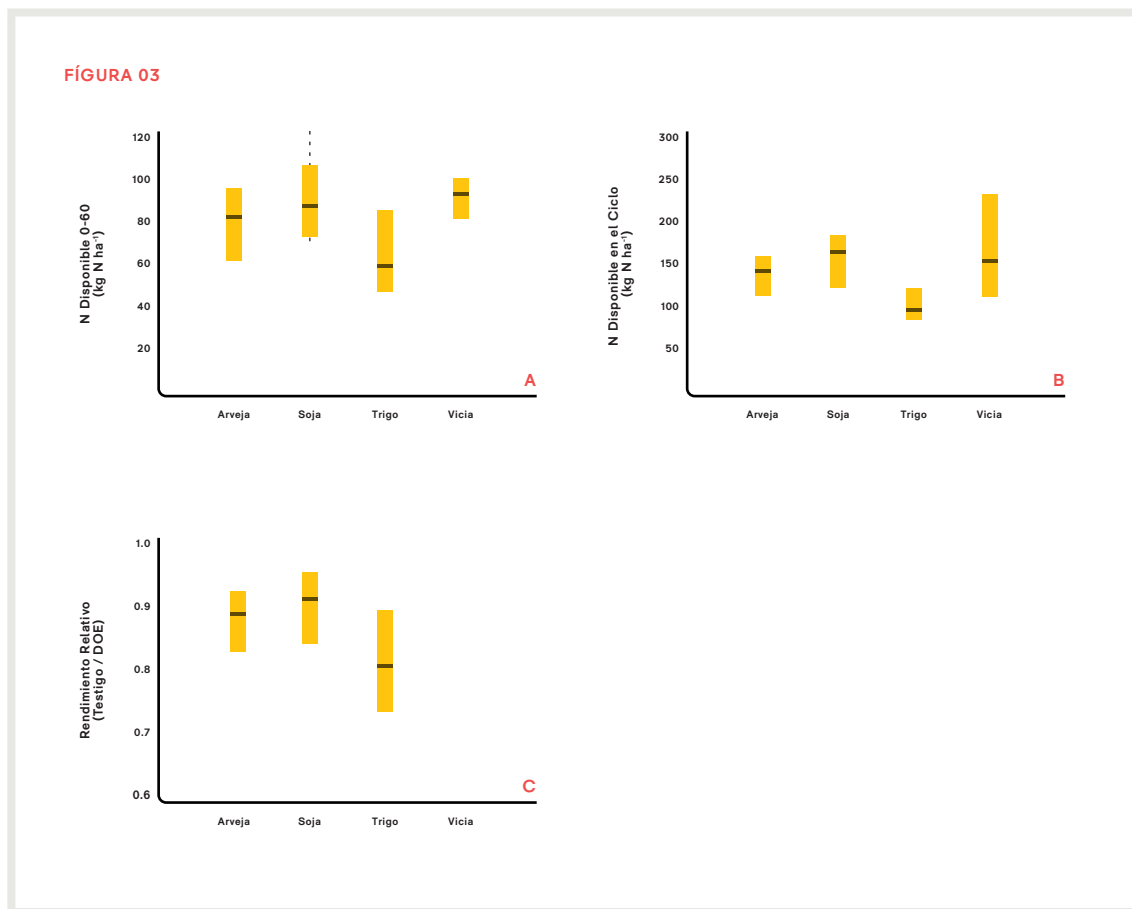


**Figura 1.** mbrales de respuesta a la fertilización nitrogenada en suelos Argiudoles del Centro-Sur de Santa Fe sobre soja como cultivo antecesor y con dos niveles de rendimiento (a) y Retorno económico de la fertilización en función del potencial de producción y nivel de fertilidad de cada lote (b) (Adaptado de Salvagiotti et al, 2011).

(iii) condiciones de bajo potencial de producción (BR) en suelos de alta fertilidad y (iv) en suelos de baja fertilidad. Identificar estas combinaciones es clave para el diagnóstico de la fertilización nitrogenada. *Dado que la dinámica de N en maíces de siembra tardía será muy diferente de acuerdo al cultivo antecesor presente, cuantificar la disponibilidad de N a la siembra es de importancia para el diagnóstico de la fertilización nitrogenada.*

## La respuesta a la fertilización con N según los antecesores

Estudios previos en maíces de siembra tardía (sobre antecesor soja) mostraron que el valor umbral de respuesta no se modificaría respecto de los maíces tempranos (Díaz Valdez et al., 2014; Fontanetto et al., 2008), siendo la disponibilidad de N-NO<sub>3</sub> a la siembra la diferencia con planteos de siembra temprana. Sin embargo, el efecto de otros antecesores no es aun claro.



**Figura 2.** Disponibilidad de N a la siembra (a) N disponible en el ciclo estimado en parcelas sin fertilizar (b) y respuesta relativa a la fertilización (c) en maíz de siembra tardía sobre cuatro antecesores (arveja, trigo, cobertura vicia y soja de la campaña anterior). En cada antecesor se muestran los valores más probable (percentiles 25 y 50 de la distribución, la línea central es la mediana).

En la Figura 2 se observa resultados de experimentos de fertilización con N en región pampeana detrás de distintos antecesores (Salvagiotti et al, 2015). En general, cuando el cultivo antecesor fue vicia se observaron las a mayores disponibilidades de N a la siembra (por encima de los 80 kg de N), mientras que las menores disponibilidades (y con mayor variación) se observó cuando el cultivo antecesor fue trigo (Figura 2a). En línea con esto, los mayores aportes del N del suelo (evaluados indirectamente en parcelas sin fertilizar) fueron en promedio de ca. 150 kg N ha<sup>-1</sup> cuando el cultivo antecesor fue vicia, mientras que cuando trigo fue el antecesor, el valor más probable fue de 100 kg N ha<sup>-1</sup> (Figura 2b).

La respuesta a la fertilización nitrogenada oscilo entre 10 y 25% cuando el antecesor fue trigo, 5-15% cuando el antecesor fue soja o arveja, y ausencia de respuesta a la fertilización cuando se implantó vicia como cultivo de cobertura (Figura 2c). Comparando la absorción de N en parcelas sin fertilizar de soja y vicia se pudo estimar que el aporte de esta última oscilo entre 0 y 62 kg N ha<sup>-1</sup>.

### **Las pérdidas de N en maíces de siembra tardía.**

En la medida que la temperatura y la humedad del suelo aumentan, se incrementan las probabilidades de tener más perdidas de N del sistema. Es por ello en siembras tardías estos procesos podrían ser potencialmente de mayor relevancia. La volatilización de N como amonio a partir de urea es uno de los procesos de pérdidas que mayor importancia puede tener en aplicaciones al voleo, que disminuyen cuando el fertilizante nitrogenado es incorporado al suelo. Este proceso de pérdidas está fuertemente regulado por la temperatura, la humedad imperante y la cantidad de rastrojos. En siembras de diciembre, Salvagiotti y Vernizzi (2006), midieron perdidas por volatilización de hasta 30 kg N ha<sup>-1</sup>, cuando la urea fue aplicada al voleo, ca. 25% de pérdida del fertilizante aplicado.

En un experimento llevado a cabo en Oliveros (Figura 3) se observa que las pérdidas de N por volatilización en maíces sembrados sobre soja y sobre trigo oscilaron entre 12 y 35 kg N ha<sup>-1</sup>, para aplicación de 60 y 120 unidades de N en el estadio de V5, respectivamente, representando ca. entre 20 a 30% del N aplicado.

Una de las formas de disminuir las pérdidas por volatilización es a través del uso de aditivos que inhiban la actividad de la enzima ureasa, como por ejemplo el aditivo nBTPT [triamida N-(n-butil) tiofosfórica] comercializado bajo el nombre de Agrotain. Este aditivo presenta potencial para ser utilizado cuando los cultivos de verano son fertilizados en condiciones extremas de temperatura sin ser incorporados al suelo. Estudios previos realizados en el SE de Bs As (Barbieri et al, 2010) mostraron que el aditivo fue efectivo para reducir las pérdidas por volatilización desde urea aplicada en superficie, pero sin impacto en el rendimiento. Sin embargo, estos experimentos fueron realizados con temperaturas más bajas en contraposición a lo que se puede registrar en maíces de siembra tardía en la región pampeana norte, con temperaturas que superan en promedio los 25 °C. En la Figura 3 se puede observar que las pérdidas de N por volatilización se redujeron entre un 60 y 70% cuando se aplicó urea +NBPT. Sin embargo no se observaron diferencias significativas en rendimiento entre estos tratamientos a pesar de los cambios observados en la volatilización. Un aspecto a tener en cuenta en el análisis, es que la disponibilidad de nitrógeno a la siembra (nitratos en el suelo + fertilizante) con el primer nivel de N utilizado, alcanza los valores de disponibilidad de N estuvieron por encima de los umbrales de respuesta a la fertilización nitrogenada en el área del sur de Santa Fe, establecidos en valores de 133 y 162 kg ha<sup>-1</sup>. En consecuencia, las pérdidas registradas por volatilización

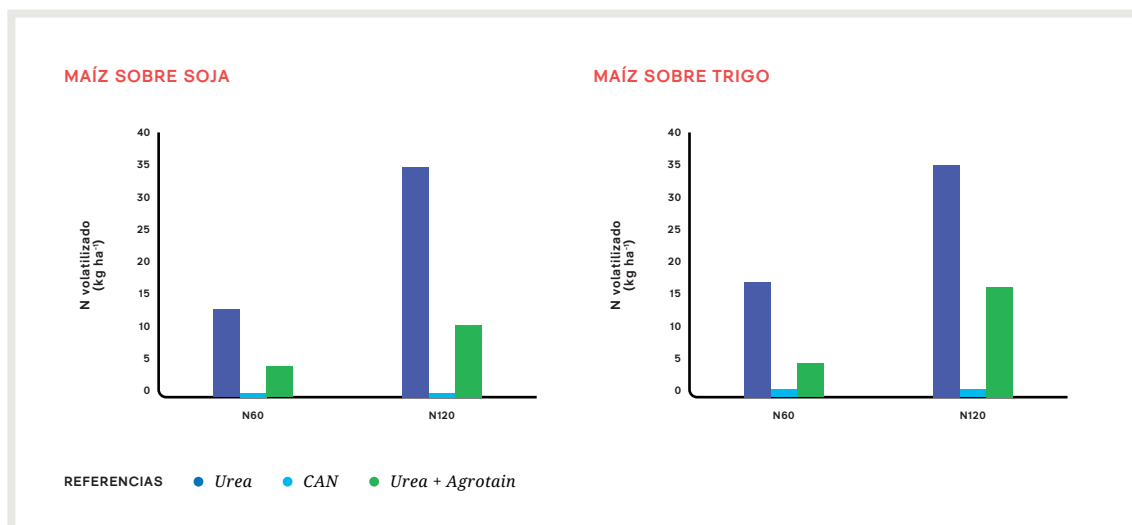


Figura 3. Pérdidas por volatilización de amonio de distintas fuentes de N aplicadas en un cultivo de maíz en V5 sobre dos antece-

en el ensayo pudieron no manifestarse en rendimiento, ya que la disponibilidad de N para el cultivo era suficiente para la expresión del rendimiento alcanzado. Es probable que en una situación de mayor deficiencia de N o de mayor demanda por mayor potencial de rendimiento, donde la necesidad de N sea superior, estas pérdidas de N se vean reflejadas en pérdidas de rendimiento. De la misma manera las tasas de volatilización observadas, especialmente en los tratamientos de urea al voleo, de mantenerse en el tiempo y mientras no ocurran precipitaciones que permitan la incorporación del fertilizante, podrían haber tenido como consecuencia disminuciones en el rendimiento.

En otro set de experimentos realizados durante dos años y comparando la respuesta en rendimiento a la fertilización con N utilizando urea y urea+NBPT (Salvagiotti et al, 2012), se observó que teniendo en cuenta la menor disponibilidad de N a la siembra cuando trigo fue el cultivo antecesor, la dosis optima económica (DOE) fue un 86% superior respecto de la observada cuando el cultivo antecesor fue soja (Tabla 1). Cuando el cultivo antecesor fue trigo, la eficiencia agronómica en el uso del N (EAN) en la DOE fue un 45% superior respecto de la observada para soja (24.5 vs 16.9 kg de incremento en grano por kg de N aplicado como fertilizante). Por otra parte, la productividad parcial del factor N (PPF)

CULTIVO ANTECESOR (ANT)	FUENTE (F)	DOE*	NDS EN DOE	RENDIMIENTO EN DOE	EAN	EFN	EABS <sub>N</sub>	PPF
<b>Soja</b>	Urea + nBPT	200	54	13214	16.9	35.2	0.60	244
	Urea	193	47	13360	16.8	36.4	0.54	297
<b>Trigo</b>	Urea + nBPT	143	90	11223	27.3	71.6	0.52	124
	Urea	153	100	11023	21.6	61.1	0.46	109
<b>FUENTE VARIACIÓN</b>		<b>PROBABILIDADES TEST F</b>						
Ant		0.06	0.02	0.41	0.19	0.68	0.005	
F		0.93	0.17	0.99	0.82	0.74	0.45	
Ant * F		0.60	0.19	0.94	0.77	0.98	0.22	

**Tabla 1.** – Efecto del cultivo antecesor y la fuente de N sobre indicadores de la eficiencia del uso del N en la dosis optima económica (DOE): Eficiencia agronómica de uso del N (EAN, kg grano kg N fertilizante<sup>-1</sup>), Eficiencia fisiológica de uso del N (EFN, kg grano kg N absorbido<sup>-1</sup>), Eficiencia de absorción de N (EABS<sub>N</sub>, kg N absorbido kg N fertilizante<sup>-1</sup>) y la productividad parcial de factor (PPF, kg grano). \* DOE estimada con una relación de precios N: grano = 10:1 (Salvagiotti et al, 2012).

fue 2.3 veces superior cuando el cultivo antecesor fue soja (Tabla 1). Este índice integra



En cuanto a los procesos de pérdidas de N, también es importante a tener en cuenta la denitrificación, que son importantes en épocas de mayor aporte de precipitaciones y donde se producen anegamientos, ya que es un proceso anaeróbico. En la Figura 4, Sainz Rozas et al (2004) mostraron que las pérdidas de N a través de denitrificación se incrementaron exponencialmente en la medida que el porcentaje de poros con agua estuvo por

FIGURA 04

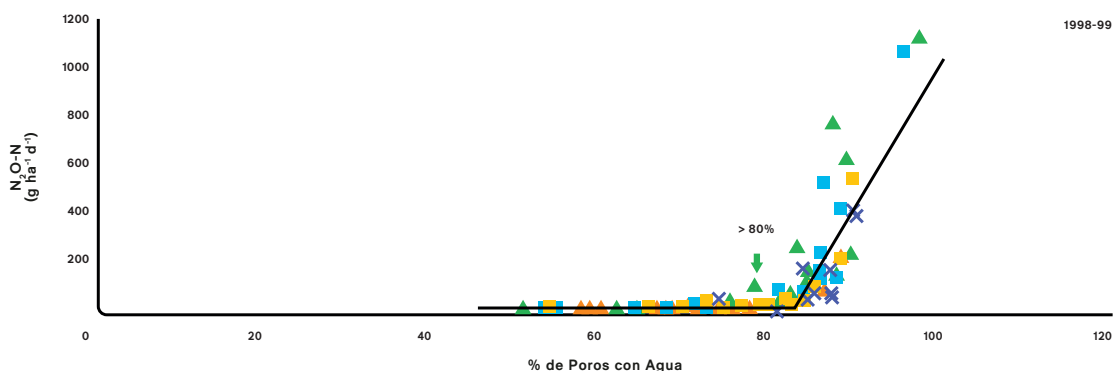


Figura 4. – Relación entre las pérdidas de N por denitrificación y el contenido hídrico del suelo (Adaptado de Sainz Rozas et al., 2004)

## Conclusiones

El manejo de la fertilización nitrogenada es central para el éxito del cultivo de maíz de siembra tardía. Para un correcto planteo de la fertilización nitrogenada, en primer lugar hay que conocer el papel que tiene el cultivo de maíz de siembra tardía dentro del sistema de producción de acuerdo al planteo de intensificación productiva en el que está incluido. Esto va a generar diferentes ambientes de producción ya que la oferta de recursos (agua, nutrientes) como así también los rendimientos máximos alcanzables, va a presentar diferentes alternativas. De la misma manera, los distintos planteos generaran distintas condiciones para las pérdidas de nitrógeno del sistema, especialmente de los fertilizantes, que hay que tener más presente que en siembras de maíz más tempranas.

En base a los escenarios probables de producción de maíz tardío el análisis de suelos junto con la estimación de los rendimientos alcanzables son las herramientas fundamentales para la decisión de la fertilización nitrogenada.

## Referencias

- Barbieri, P.A., Echeverria, H., Sainz Rozas, H., Maringolo, M. 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. *Ciencia del Suelo* 28[1], 57-66. 2010.
- Ciampitti, I.A., Camberato, J.J., Murrell, S.T., Vyn, T.J., 2013. Maize Nutrient Accumulation and Partitioning in Response to Plant Density and Nitrogen Rate: I. Macronutrients. *Agron. J.* 105, 783-795.
- Diaz Valdez, S., Garcia, F., Caviglia, O. 2014. Maíz tardío en Entre Ríos, Argentina: Calibración de umbrales críticos en nitrógeno. *Informaciones Agronomicas de Hispanoamérica* 13[2], 18-20.
- Fontanetto, H., Keller, O., Giailevra, D., Belotti, L., Negro, C. 2008. Aspectos del manejo del cultivo de maíz de segunda y de la fertilización nitrogenada en la región pampeana norte de Argentina. *Información Tecnica Cultivos de Verano. Campaña 2008 Publicación Miscelánea # 112.* INTA Rafaela.
- Sainz Rozas, H., Echeverria, H., Barbieri, P.A. Denitrification in a soil under no-tillage as a function of presence of maize plant and nitrogen rate. *Ciencia del Suelo* 22[1], 27-35. 2004.
- Salvagiotti, F., 2016. El rol de los fertilizantes en el aumento de la producción agropecuaria. In: Lavado, R. (Ed.), *Sustentabilidad de los agrosistemas y uso de fertilizantes.* Orientación Gráfica Editora; Buenos Aires, pp. 85-102.
- Salvagiotti, F., Enrico, J. M., Barraco, M., Prieto, G., and Agosti, M.B. 2016. Componentes de la eficiencia de N en maíz de siembra tardía con diferentes antecesores. *Actas XXV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo.* Rio Cuarto. AACCS

— Salvagiotti, F., Ferraguti, F., Castellarín, J. M., and Manlla, A. 2012. Respuesta a la fertilización y eficiencia en el uso del nitrógeno en maíz de siembra tardía sobre diferentes antecesores utilizando inhibidores de ureasa. Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata - Argentina. AACs

— Salvagiotti, F., Vernizzi, A. 2006. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz. Para mejorar la producción - INTA Oliveros 32[MAIZ], 96-102.

# — Claves del manejo agronómico del maíz tardío: Oportunidades para crecer y consolidar el sistema de cultivo

## AUTORES

**Emilio H. Satorre**

---

Cátedra de Cerealicultura  
Facultad de Agronomía, UBA  
Unidad de Investigación y Desarrollo, AACREA  
Cultivar Conocimiento Agropecuario S.A.  
E: [satorre@agro.uba.ar](mailto:satorre@agro.uba.ar)

El manejo agronómico del cultivo de maíz enfrenta importantes desafíos resultado de las condiciones a las que queda expuesto durante su estación de crecimiento. Resumidamente, en relación a un cultivo de siembra temprana, el ambiente físico al que se expone un cultivo tardío se caracteriza por relativamente inferiores condiciones de radiación y temperatura durante el período post-floración. Asimismo, usualmente experimenta mejores condiciones hídricas (seguridad de almacenaje de agua en el suelo) y térmicas durante la siembra y una menor probabilidad de stress hídrico durante el período crítico, ligado a un menor déficit de presión de vapor en la atmósfera. El ambiente biótico también impone consideraciones de peso a las decisiones y manejo del cultivo de maíz tardío. La dinámica y problemática de malezas, plagas y enfermedades que enfrenta este cultivo difiere sensiblemente de aquellas que experimenta un cultivo de siembra temprana. Esto afecta tanto las condiciones durante el cultivo como aquellas que deja a los cultivos siguientes, lo que es especialmente importante en relación al enmalezamiento. Ambos factores, abióticos –ligados al ambiente físico- y biótico – ligados a las plagas, enfermedades y malezas- determinan regiones productivas de diferente aptitud para cada planteo dentro del área de siembra de Maíz en Argentina.

Las diferencias ambientales (abióticas y bióticas) modifican los rendimientos potenciales y alcanzables de los cultivos tardíos, respecto a los tempranos y, lo que tal vez sea de mayor importancia, la variabilidad de los mismos. En vastas regiones y ambientes productivos de nuestro país los cultivos de maíz en siembras tempranas tienden a presentar mayor potencial de rendimiento pero menor estabilidad que los maíces tardíos. La mayor probabilidad de los cultivos tempranos de estar expuestos a la ocurrencia de un estrés hídrico en floración debido a la frecuente mayor demanda atmosférica de Diciembre y Enero (alta radiación y temperatura) determina que sus rendimientos sean más variables (con “techos” de rendimiento mayores, pero “pisos” inferiores) que en cultivos tardíos.

En líneas generales, en las producciones de secano frecuentes de Argentina y en los peores ambientes y suelos, en los que generalmente se esperan y alcanzan los menores rindes, es dónde el maíz tardío produce mejores rendimientos que el maíz temprano. Esto se debe a que, la fecha de siembra tardía permite reducir el impacto de los principales

factores limitantes del rendimiento que experimenta el cultivo en esas condiciones. Este comportamiento del cultivo ha llevado a aumentar su frecuencia en los ambientes con limitaciones, en tanto que, los planteos de siembra tempranos se consolidaron en ambientes de alto potencial, con suelos profundos y una muy buena recarga de agua a la siembra, dónde los mejores resultados se lograrían con maíces tempranos. Esta ubicación de los planteos tardíos hacia los ambientes de mediano o bajo potencial, con alguna limitación de profundidad o baja capacidad de retención hídrica, determina que las decisiones de manejo y las características agronómicas del planteo adquieran mucha relevancia. Si bien se atenúa el impacto del ambiente sobre el cultivo con el retraso de la fecha de siembra, sus características permanentes permanecen mayormente invariables exponiendo sus limitaciones al cultivo de maíz durante todo el ciclo de crecimiento.

Una vez tomada la decisión de sembrar un cultivo de maíz tardíamente algunas decisiones técnicas y su manejo son clave. Entre ellas:

(1) La elección del híbrido. En líneas generales, la reciente y explosiva difusión de este sistema de cultivo se produjo sobre la base de materiales genéticos liberados al mercado que no habían sido seleccionados bajo las condiciones de siembra tardía. Al momento, entre los híbridos utilizados en siembras tempranas se han ido seleccionando aquellos que se adaptaban mejor al ambiente del sistema de cultivo tardío. En este proceso, entre los primeros aspectos en ponerse en evidencia fueron destacables, (i) que aún en una misma localidad y campaña, el orden (ranking) de rendimiento de un mismo grupo de híbridos solía diferir entre planteos; (ii) que las diferencias de rendimiento entre híbridos era mayor en siembras tardías que tempranas; y (iii) que la variabilidad en los ensayos era mayor en siembras tardías que en las tempranas. Estos resultados rápidamente sugirieron la necesidad de estudiar cuidadosamente la decisión a tomar en el nuevo escenario de siembras tardías. De hecho, es reconocida la necesidad de priorizar atributos distintos en el comportamiento de los híbridos en siembras tardías; entre ellos podemos mencionar el comportamiento frente a enfermedades (roya [*Puccinia sorghi*], tizón [*Exserohilum turcicum*]), los eventos biotecnológicos contra plagas (especialmente gusano cogollero [*Spodoptera frugiperda*] e isoca de la espiga [*Helicoverpa zea*]), velocidad

de secado y resistencia de caña y tolerancia la vuelco, entre otros. La elección de un híbrido, generalmente, resulta del análisis del compromiso entre las características del híbrido y las características ambientales del planteo productivo. La incidencia de plagas, enfermedades o malezas forma parte de un ambiente “biótico” variable, al que estará expuesto el híbrido. La disponibilidad de tecnología contra plagas en la base genética del híbrido, por ejemplo, es un elemento crítico para manejar el impacto de ese ambiente biótico sobre el rendimiento en maíz tardío.

(2)La elección de la densidad. En planteos de siembra temprana, aún en condiciones de secano, es común encontrar los cultivos con densidades de siembra entre 60.000 y 82.000 pl/ha en la mayor parte de las regiones productivas del país. Sin embargo, en siembras tardías esas densidades son inferiores, usualmente entre 45.000 y 65.000 pl/ha y, en algunas condiciones particulares (suelos someros, por ejemplo) es frecuente encontrar densidades inferiores, del orden de las 25.000 a 35.000 pl/ha. En todos los casos, el manejo de estas densidades está asociado al ambiente en donde son sembrados los cultivos tardíos y, al hecho que el ambiente foto-termal en post-floración desmejora marcadamente, particularmente cuando los cultivos se siembran más tarde en localidades al Sur de la región Pampeana. Asimismo, es importante considerar que los cultivos tardíos están expuestos a fuertes interacciones densidad x plaga, particularmente en los casos en que estas puedan reducir la expresión de atributos agronómicos favorables de los cultivos (ver (1) arriba) en cosechas demoradas de los cultivos.

(3)El manejo de la fertilización: Los resultados disponibles sugieren que los niveles de fertilización nitrogenada en cultivos tardíos es inferior a la de los tempranos. Esto se debe en parte a que el nivel inicial de nitrógeno en el suelo es mayor y, a que el umbral de respuesta a este nutriente suele ser inferior debido a los menores rindes y a la mayor eficiencia del uso del nitrógeno. De manera semejante se comporta la respuesta a la aplicación de fuentes fosfatadas; los umbrales de respuesta resultan cercanos a las 15-17 ppm en cultivos tardíos frente a los 18-23 ppm de los cultivos tempranos. Al presente, la atención ha sido puesta sobre estos nutrientes en los cultivos tardíos; posiblemente, la mayor dinámica de nutrientes en el suelo bajo las condiciones de siembra hayan reducido

al momento el interés por explorar las respuestas a otros elementos.

(4)El manejo de la protección: En materiales susceptibles al ataque de plagas o daño de enfermedades el manejo integrado y, eventualmente el control químico con insecticidas y fungicidas, suele resultar en importantes beneficios. Sin embargo, uno de los aspectos que mayor atención ha despertado es el manejo de malezas en el cultivo. En líneas generales, la siembra tardía ofrece un amplio período de barbecho (aumentando los costos de protección) y, a la vez, una amplia ventana de intervención para el manejo y control de especies problema. Sin embargo, durante el otoño, cuando el cultivo de maíz tardío comienza a senescer las oportunidades y calidad de control se ven reducidas. Las cosechas demoradas de este cultivo, contribuyen al establecimiento de poblaciones de malezas que, en muchos casos, son luego de difícil control. El control de las malezas en lotes que fueron sembrados con maíz tardío presenta dificultades que al momento sólo han sido parcialmente resueltas. Sin embargo, el cultivo de maíz ha incorporado enormes avances tecnológicos en su genética. Desde la tolerancia a herbicidas, con los materiales IMI, LL o RR (tolerantes a imidazolinonas, glufosinato de amonio y glifosato respectivamente) hasta el control de plagas. El maíz ofrece la mayor variedad de herramientas para la protección del rinde entre todos los cultivos extensivos de Argentina y esto es y ha sido un aliado insustituible en la búsqueda de soluciones al manejo de la protección en cultivos de siembra tardía.

Los cultivos de maíz en siembras tardías han alcanzado amplia difusión en nuestro país. Uno de los aspectos relevantes del desarrollo de este sistema de cultivo es haber permitido una rotación de cultivos en ambientes frágiles, de menor potencial, anteriormente dominado por cultivos de bajo volumen de rastrojo (soja o girasol), con escasa participación de especies gramíneas. De este modo, este sistema de cultivo permitió una alternancia de especies en el tiempo y en el espacio con implicancias positivas para el ambiente y la empresa agropecuaria, particularmente aquellas que son mixtas agrícola-ganaderas. Sin embargo, consolidar y profundizar el éxito logrado hasta el momento requiere integrar los nuevos conceptos y tecnologías al manejo agronómico eficaz y eficiente de estos cultivos.



# — Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por hongos

## AUTORES

### De Rossi R.L

---

Laboratorio de Fitopatología - Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Católica de Córdoba (UCC)  
E: robderossi@gmail.com

### Guerra F.A / Brücher E

---

Laboratorio de Fitopatología - Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Católica de Córdoba (UCC)

### Torrice A.K.

---

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)

### Maurino M.F

---

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA),  
IPAVE-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
(CONICET),

### Lucini E.

---

Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Nacional de Córdoba.

### Giménez Pecci M.P

---

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)

### Plaza M.C

---

Laboratorio de Fitopatología  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Católica de Córdoba (UCC)

### Guerra G.D

---

Laboratorio de Fitopatología  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Católica de Córdoba (UCC)  
CC-CONICET

### Camiletti B.X / Ferrer M / Laguna I.G.

---

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Católica de Córdoba (UCC)

## Introducción

En las últimas campañas se ha registrado a nivel nacional un aumento en la presencia, desarrollo e importancia de las enfermedades del cultivo de maíz, generando una gran preocupación a productores, técnicos e investigadores (De Rossi y Couretot, 2013, De Rossi, et al., 2016).

El desarrollo de estas enfermedades ha seguido una estrecha relación de acuerdo a cómo ha evolucionado el sistema productivo de este cultivo en Argentina. De esta forma, modificaciones en el sistema de producción que se realizan procurando obtener estabilidad y aumento de la productividad, son también, causantes de las variaciones registradas en las enfermedades (Teysandier, 2005).

Algunas de las prácticas agronómicas que han pasado por modificaciones y que tienen mayor influencia en el desarrollo de las enfermedades son: i) adopción generalizada de la siembra directa, ii) utilización en las rotaciones altas proporciones de maíz, iii) aumento de la adopción de materiales templados (más sensibles a enfermedades) por sobre tropicales o cruza en algunas regiones del país, iv) generación de “puentes verdes” por la ampliación de zonas y fechas en las que se siembra el cultivo, v) utilización de materiales no seleccionados genéticamente para zonas específicas, vi) escaso uso de fertilización en maíces de fechas tardías, vii) baja adopción del monitoreo en el cultivo y viii) gran adopción de las fechas de siembras tardías en la mayoría de las zonas productoras del país (De Rossi et al., 2014).

Esto ha llevado a registrar un aumento en los últimos años tanto de patógenos que afectan órganos aéreos como de organismos causantes de pudriciones de raíz, tallo y espiga, todos estos, favorecidos en alguna instancia por la adopción de estas prácticas.

Entre las enfermedades que se desarrollan en el cultivo de maíz en fechas de siembra tardía en Argentina, se destacan: tizón común, cercosporiosis, complejo de bacteriosis foliares, roya polisora, mancha blanca, pudriciones de raíz y base de tallo y pudriciones

de espiga. Además con una menor expresión se encuentran: roya común, mancha ocular, mildiu, virus, mollicutes y nematodos.

La importancia de estas enfermedades varía año a año y de región a región, de acuerdo a las condiciones ambientales y de la susceptibilidad del material sembrado.

Sin embargo en todos los casos las principales medidas de manejo recomendadas para el manejo de enfermedades son: i) selección de materiales tolerantes o resistentes, ii) utilizar semillas sanas y con tratamiento de fungicida correcto, iii) sembrar en la época adecuada para evitar que los períodos críticos del cultivo coincidan con las condiciones ambientales más favorables para el desarrollo de las enfermedades, iv) rotar cultivos, v) fertilización equilibrada, vi) densidad de plantas adecuada, vii) control de malezas e insectos, viii) aplicación de fungicidas, ix) cosechar correctamente en tiempo y forma (White, 1999; Reis et al., 2004; Munkvold & White, 2016)

Estas medidas, además de traer un beneficio inmediato al productor por reducir el potencial inóculo de los patógenos presentes en el lote, contribuyen a la durabilidad e estabilidad de la resistencia genética presente en los híbridos comerciales por reducir la población de agentes patogénicos.

Conocer las enfermedades que se pueden desarrollar en maíces de fecha de siembra tardía es fundamental para priorizar estrategias de manejo que permitan minimizar riesgos productivos.

## **Enfermedades del maíz**

Para fines didácticos, en este capítulo sólo se abordaran las enfermedades de origen fúngico de mayor registro en los últimos años.

### **Tizón foliar común** (*Exserohilum turcicum*)

**Sintomatología:** los síntomas iniciales se desarrollan en las hojas inferiores como lesiones de forma elípticas y alargadas afinándose hacia las puntas, variando de tamaño (2 cm a 15 cm), predominantemente de color gris verdoso al comienzo, tornándose marrones y luego tomando un aspecto grisáceo-oscuro cuando el hongo produce conidios bajo condiciones favorables de mojado foliar y temperatura.

**Importancia y epidemiología:** actualmente, esta enfermedad es considerada la principal preocupación sanitaria de los maíces de fecha de siembra tardía, ya que el desarrollo del cultivo transcurre bajo condiciones climáticas propicias para el desarrollo del tizón foliar común. Estas condiciones son principalmente períodos prolongados de mojado foliar (>10 hs) y temperaturas moderadas (17-28 °C) (Munkvold y White, 2016). Pérdidas de hasta el 40% de rendimiento se registraron en la región centro norte de Córdoba (De Rossi et al., 2011). Distintos investigadores registraron en siembras de diciembre entre el 25 y el 45% de los híbridos evaluados en R4 con severidades superiores al 5% (Parisi et al., 2014; Parisi et al., 2015a; De Rossi et al., 2015), y en materiales susceptibles se registraron niveles próximos al 60% de daño foliar (De Rossi et al., 2015). La influencia del ambiente que se genera con siembras tardías se pudo reflejar cuando un set de 31 híbridos sembrados en diciembre de 2013 presentó el 3% de materiales susceptibles a tizón común, mientras que el mismo set sembrado en enero de 2014 pasó a presentar el 71% de los materiales como susceptibles (De Rossi et al., 2014).

**Manejo:** un punto fundamental dentro de las estrategias de manejo para esta enfermedad es conocer el comportamiento diferencial de cada material. Así, en híbridos con algún tipo de resistencia genética se puede observar menor cantidad y tamaño de lesiones, mayor período de latencia, menor esporulación y/o lesiones necróticas rodeadas por un halo clorótico donde la esporulación es baja a nula (De Rossi et al., 2015). En la zona núcleo argentina, en las últimas campañas, el 42% de los híbridos evaluados presentaron lesiones de reacciones de resistencia a tizón foliar (Parisi et al., 2014; Parisi et al., 2015a). Otra herramienta válida para el control del tizón foliar es la aplicación de fungicidas foliares

en híbridos susceptibles (Couretot et al., 2012; De Rossi et al., 2014). Los momentos óptimos de aplicación de fungicidas dependen de las condiciones ambientales, la intensidad de la enfermedad, el perfil sanitario y el estado del cultivo. Mezclas de triazoles y estrobilurinas para control de tizón foliar obtuvieron respuestas positivas en rendimiento de entre 8 y 25% con aplicaciones en estadios vegetativos y reproductivos en maíces tardíos (De Rossi



et al., 2010; Oddino et al., 2010; Sillón et al., 2010; Sillón, 2012; Couretot et al., 2012). En tanto que aplicaciones en estados reproductivos tardíos (R2 y R3) sobre materiales susceptibles y moderadamente susceptibles se registraron respuestas de rendimiento positivas entre el 4 y 11% (Guerra et al., 2014). En el marco de un convenio estratégico entre el Laboratorio de Fitopatología de la UCC y la empresa Intruder Agro se está desarrollando un sistema de previsión del tizón común utilizando la base de datos del Laboratorio y la reconstrucción de variables meteorológicas con paso horario, lo que constituirá una herramienta más que importante para el manejo de esta enfermedad.



**Cercosporiosis, mancha gris o mancha rectangular** (*Cercospora zeae-maydis*)

**Sintomatología:** los síntomas se caracterizan por ser predominantemente de forma rectangular, de color gris, desarrollando las lesiones paralelas a las nervaduras. Con en el avance de la enfermedad, puede ocurrir necrosis del tejido foliar.

**Importancia y epidemiología:** es una enfermedad mundialmente importante por causar reducciones entre 20 y 60% en la producción de maíz (White, 1999). Esta enfermedad ha incrementado su importancia en los años recientes (Díaz, 2010). La primera campaña en que en la zona Centro-Norte de Córdoba se registró la presencia de *Cercospora zeae-maydis* distribuida en toda la región fue durante el ciclo 2013/14, siendo la prevalencia registrada en esta región del 27% (6 localidades positivas de 22), determinándose la presencia de la enfermedad en el 39% de los materiales, donde la incidencia varió entre 0 a 2% y la severidad en ningún caso superó el 3% (De Rossi et al., 2014). En el ciclo 2014/15



### **Roya polysora** (*Puccinia polysora*)

**Sintomatología:** se caracteriza por la formación de pústulas o uredosoros pequeños, circulares u ovales, de color anaranjado claro, distribuidas predominantemente del lado abaxial de las hojas, con distribución uniforme y densa.

**Importancia y epidemiología:** la roya polysora es la enfermedad más común en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, en Brasil se han registrado pérdidas de rendimiento de hasta 50% (Von pinho, 1998). La primera cita en Argentina es de la campaña 2000/01 (Hernández et al., 2002) en el noreste de la provincia de Tucumán, posteriormente varios autores (Díaz et al., 2007; Sillón et al., 2008; Colignon et al., 2010; Formento, 2011; Formento et al., 2015; De Rossi et al., 2012) la citaron en distintas campañas en Salta, centro-norte de Santa Fé, Paraná y Córdoba para maíces de siembra tardía. En Paraná la severidad varió entre 0,1 y 11,3% dependiendo de las localidades evaluadas en la campaña 2014 (Formento et al., 2015). En el centro norte de Santa Fe, la prevalencia fue de 74% y la severidad varió de 0,5 a 25% (Sillon et al., 2014). En la zona norte de la Provincia de Buenos Aires y en el sur de Santa Fé se detectó por primera vez en estadios R5-R6 durante la campaña 2014/15. La incidencia en los ensayos comparativos de rendimiento (ECR) varió entre 5 al 50% de los híbridos evaluados y la severidad máxima evaluada fue de 15% (Parisi et al., 2015a). En la campaña 2014/15, en el centro-norte de Córdoba la prevalencia de roya polysora fue del 77,7% de las localidades evaluadas, en el 69,7% de los híbridos evaluados y la severidad varió entre 0,5 y 60% (De Rossi et al., 2015). En todas las localidades mencionadas se registraron híbridos de muy buen comportamiento frente a esta enfermedad. Durante la campaña 2015/16 la incidencia y severidad registradas de roya polysora fue menor que en la campaña 2014/15 (De Rossi et al., 2016; Couretot, comunicación personal; Formento, comunicación personal).

**Manejo:** se recomienda el uso de híbridos resistentes, selección de la fecha de siembra, y aplicación de fungicidas en situaciones de elevada presión.



### **Mancha blanca** (*Phaeosphaeria maydis* - *Pantoea ananatis*)

**Sintomatología:** las lesiones inicialmente son circulares, de aspecto acuoso y verde claras, luego se observa necrosis, de forma circulares u ovaladas, con diámetro que varía entre 0,3 a 1 cm. Generalmente se encuentran en cualquier lugar de la planta y la hoja, pudiendo coalescer.

**Importancia y epidemiología:** esta enfermedad es actualmente una de las principales en el cultivo de maíz de Brasil, donde se han medido pérdidas superiores al 60% en híbridos susceptibles. En Argentina la mancha blanca fue citada por primera vez en la provincia de Tucumán en la localidad de Rumi Punco (Región NOA) durante la campaña agrícola 2001/02 con un 6,4 % de severidad promedio en un material convencional en ensayos comparativos de maíz (Díaz et al., 2001). En centro norte de Córdoba informes presentados por la Universidad Católica de Córdoba indican que mancha blanca está siendo registrada cada vez con mayor



frecuencia y severidad (De Rossi et al., 2016).

**Manejo:** las principales medidas son: el uso de híbridos resistentes, la rotación de cultivos y las fechas de siembra temprana, para que las condiciones ambientales que favorecen a la enfermedad no coincidan con la etapa reproductiva del cultivo.



**Pudriciones de raíz y tallo (Los hongos más frecuentemente detectados son:** *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticilloides*, *Stenocarpella macrospora*, *Stenocarpella maydis*, *Colletotrichum graminicola*, *Macrophomina phaseolina*)

**Sintomatología:** se visualiza como un secado anticipado de plantas, que se presenta de forma aleatoria en el lote, las plantas se van secando de arriba hacia abajo y con el tiempo se puede observar vuelco de plantas. La base de los tallos, primero y segundo entrenudos normalmente presentan un cambio de color externo como lesiones pardas, negras o rosadas dependiendo del patógeno que colonizo. Cuando ocurre la alteración externa de

color, el tejido de la medula, en la base del tallo, toma una apariencia de podredumbre y se observa degradación de la médula manteniendo intactos los haces vasculares (enriado). Los entrenudos basales de la caña pierden turgencia y se debilitan predisponiendo la caída o vuelco de las plantas. Generalmente presentan estrecha relación con la ocurrencia de varios estreses durante el ciclo de cultivo, los cuales generan alteraciones en el balance normal de la distribución de carbohidratos en la planta. Cuando las espigas pasan a ser el destino (demandando azúcares y carbohidratos), el aparato fotosintético debe funcionar plenamente para mantener un adecuado suministro de carbohidratos para el llenado de granos y para el mantenimiento de los tejidos del tallo y de las raíces. Cualquier factor que interfiera negativamente, como estrés hídrico, estrés térmico, desequilibrio nutricional, reducción de la radiación solar y/o pérdida de área foliar (por plagas, hongos u otros factores) resultan en un inadecuado suministro de carbohidratos para el llenado de granos. Es ese caso, el tallo, que además de tener función estructural actúa también como órgano de reserva, pasa a ser la principal fuente de carbohidratos para el llenado de granos vía translocación. Así, la reducción en la actividad fotosintética y la intensa translocación de carbohidratos desde el tallo hacia la espiga, generan en un debilitamiento de los tejidos del tallo, que se tornan más susceptibles al ataque de patógenos.

**Importancia y epidemiología:** este complejo de patógenos se destaca en el mundo por causar reducciones en la producción y calidad de granos y forrajes. Su ocurrencia ha aumentado en las últimas campañas. Las características agronómicas de producción actuales, sumadas a la siembra en fechas tardías favorecen a este complejo en función de su elevada capacidad de sobrevivir en los restos de cultivos. Pérdidas próximas al 50% se han registrado, pero dependen del momento en el que hayan podido ingresar al cultivo (momento de infección). En el Centro-Norte de Córdoba, la intensidad de esta problemática viene creciendo desde la campaña 2013-14 (De Rossi et al., 2014) principalmente asociado a siembras tardías y otoños húmedos. En Norte de Bs As esta problemática es más acentuada en maíces de siembra tardía (Parisi & Couretot, 2013). En Santa Fe, la evolución de la prevalencia de este complejo viene creciendo año a año, con una marcada importancia en maíces de tardíos o de segunda (Sillón et al., 2013).

**Manejo:** elección de material con resistencia o mejor comportamiento, elección de materiales con menor predisposición a la translocación, fertilización equilibrada, control de plagas y enfermedades que afecten el área foliar, densidad y fecha de siembra, todas estas medidas deben ser consideradas en un programa de manejo. Realizar la cosecha en el momento adecuado para disminuir el riesgo de empeorar los síntomas al dejar el cultivo en el lote un tiempo indeterminado hasta la cosecha. El monitoreo del lote tiene fundamental importancia, haciendo examen de los síntomas y de la firmeza del tallo. El uso de fungicidas no es recomendado para el control de estos patógenos de forma directa.



**Pudriciones de espigas y micotoxinas (Los hongos más frecuentemente detectados son:** *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticilloides*, *Stenocarpella maydis*, *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*)

**Sintomatología:** las espigas afectadas presentan proliferación de micelio que varía en color e intensidad dependiendo de los hongos que están produciendo la infección

(Presello et al., 2004). Puede desarrollarse en granos aislados o tomando toda la espiga. Las espigas atacadas son más livianas y pueden quedar totalmente podridas. Los granos de maíz pueden ser damnificados por hongos tanto antes de la cosecha como en post cosecha (almacenamiento o transporte).

**Importancia y epidemiología:** estas enfermedades afectan tanto la productividad como la calidad física y química de los granos. La mayor preocupación radica en su contaminación con metabolitos secundarios de los hongos conocidos como micotoxinas, causantes de enfermedades a humanos y animales genéricamente denominadas micotoxicosis (Presello et al., 2004). Es importante reducir la presencia de estas toxinas tanto para proteger la salud de la población como para reducir las pérdidas de producción en las cadenas de carnes, huevos o leche. La Food and Drug Administration de Estados Unidos (FDA) recomienda rangos máximos (gramos/ tonelada= partes por millón o ppm) para granos destinados a forraje de entre 5 y 50 para fumonisinas, 1 y 5 para deoxinivalenol y menos de 0,5 para zearalenona, dependiendo de la especie, la edad y el sexo del animal (Fernandez et al., 2015). La contaminación con *Fusarium* es la más frecuente y la de mayor incidencia en la región maicera Argentina (Presello et al., 2004). En Centro-Norte de Córdoba en las últimas tres campañas, caracterizadas por fines de veranos y otoños muy húmedos, se registraron incidencias y severidades altas de pudriciones de espiga por *F. graminearum*, *F. verticillioides* y *Sternocarpela maydis* (De Rossi et al., 2014 y 2016). Otra patología emergente es *Aspergillus flavus* cuando afecta la espiga de maíz causando pudrición (Camiletti et al., 2017). Este hongo filamentoso viene causando alerta desde la campaña 2008 por los niveles de aflatoxinas detectados luego de períodos de estrés de los cultivos, principalmente en cosechas destinadas a la molienda húmeda. La enfermedad ha incrementado sustancialmente su presencia con el quiebre de las resistencias biotecnológicas a plagas, principalmente gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

**Manejo:** utilización de híbridos de mejor comportamiento, utilizar fechas de siembra temprana, evitar estreses, minimizar daños de insectos en la espiga, realizar rotaciones y densidades óptimas, evitar el atraso de la cosecha, secar y almacenar de manera adecuada.





### **Roya común** (*Puccinia sorghi*)

**Sintomatología:** genera pústulas o uredosoros alargados, mayoritariamente en el haz pero también en el envés de las hojas, de color herrumbroso, diseminadas en el limbo o ubicadas en forma de bandas.

**Importancia y epidemiología:** en las últimas campañas la mayoría (~80%) de los híbridos templados que se siembran en la zona núcleo presentaron niveles bajos a moderados de severidad de roya común (Couretot et al., 2013; Parisi & Couretot, 2013, Parisi et al., 2014). Una situación muy similar aconteció en la región Centro Norte de Córdoba (De Rossi et al., 2015). La roya común es una enfermedad endémica que se registra en todas las zonas productoras del país, pero que bajo las condiciones ambientales que se generan en fechas de siembra tardía normalmente no es restrictiva. A pesar de ello, se debe tener en cuenta que en septiembre de 2014 fue determinada la fase sexual de este patógeno en Argentina (Guerra et al., 2015) encontrando una importante probable fuente de variabilidad, aspecto

sumamente importante para el estudio de la epidemiología, el manejo de esta enfermedad y el desarrollo de materiales resistentes.

**Manejo:** el uso de cultivares resistentes es la principal forma de manejo, la aplicación de fungicidas es recomendada en situaciones de elevada presión en híbridos susceptibles, mezclas de triazol y estrobilurinas presentan muy buenos porcentajes de control.



### **Consideraciones finales**

La diversificación de ambientes en donde actualmente se cultiva maíz en Argentina, así como las modificaciones en las características de producción y la masiva utilización de las fechas de siembra tardía, han creado condiciones para que muchas de las enfermedades del cultivo hayan incrementado su importancia.

Las características del ambiente que se genere definirán el momento, intensidad, y

agresividad con la que se presentan cada año en cada región.

Conocer las enfermedades que se pueden desarrollar en maíces de fecha de siembra tardía es fundamental para priorizar estrategias de manejo que permitan minimizar riesgos productivos. El manejo de las mismas no podrá ser concretado por una única acción aislada, sobre todo sabiendo que el sistema de producción del cultivo está en constantes cambios, evolucionando rápidamente.

## Referencias

- Camiletti, B.X.; Torrico, A.K.; Maurino, F.; Cristos, D.; Magnoli, K.; Lucini, E.I. & Giménez Pecci, M.P. 2017. Fungal screening and aflatoxin production by *Aspergillus* section *Flavi* isolated from pre-harvest maize ears grown in two Argentine regions. *Crop Protection* 92: 41-48.
- CIMMYT, Programa de Maíz. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT.
- Colignon, C.N.; Bione, N.C.; Formento, A.N.; Cabada, S. 2010. Maíz: primera cita de *Puccinia polysora* en Entre Ríos. *Corn: first report of Puccinia polysora in Entre Ríos*. IX Congreso Nacional de Maíz. 17 – 10 de noviembre de 2010. Rosario. Santa Fe, Argentina. p. 192 -193
- Couretot L., Parisi L., Ferraris G., y Magnone G. 2012. Efecto de fungicidas foliares y momento de aplicación sobre la intensidad de tizón foliar y enfermedades de raíz y tallo. In: *Actas XIV Jornadas Fitosanitarias Argentina*. Potrero de los Funes, San Luis, 3, 4 y 5 Octubre 2012.
- Couretot L., Parisi L., Hirsch M., Suarez M.L., Magnone G., y Ferraris G. 2013. Principales enfermedades del cultivo de maíz en las últimas campañas y su manejo. Página web INTA Pergamino.

- De Rossi, R. L.; Guerra, G. D.; Plazas, M. C.; Brücher, E.; Gregoret, M.C. 2011. Tizón del maíz (*Exserohilum turcicum*). Comportamiento sanitario de diferentes híbridos de maíz en la región centro norte de la provincia de Córdoba en la campaña 2009/10. Revista CREA: AACREA. 2011 vol. n°. p 70 - 73. ISSN 0325-9846.
- De Rossi R.L. & Couretot, L. 2013. Resumen del Iº Taller de Sanidad en Maíz. Universidad Católica de Córdoba. Córdoba, 26 de abril de 2013.
- De Rossi, R.L. 2014. La sanidad del maíz en los nuevos escenarios productivos. Actas X Congreso de Maíz. Rosario.
- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Plazas, M.C.; Guerra, G.D. 2014. Comportamiento sanitario de híbridos de maíz en el centro norte de Córdoba. Ciclo agrícola 2013-2014. Ensayos comparativos de CREA Centro Norte de Córdoba. Revista de Jornada de Actualización Técnica (JAT) - CREA.
- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Plazas, M.C.; Guerra, G.D.; Solfanelli, P. & Valenta C. 2014. Evaluación de la pudrición de espigas y la pudrición de raíces y tallos en 12 híbridos de maíz en dos localidades del centro norte de Córdoba. X Congreso Nacional de Maíz.
- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Vuletic, E.; Plazas, M.C.; Brücher, E.; Guerra, G.D. 2013. Informes fitosanitarios región Centro Norte de Córdoba. ISSN: 2451-5949.
- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Vuletic, E.; Plazas, M.C.; Brücher, E.; Guerra, G.D. 2014. Informes fitosanitarios región Centro Norte de Córdoba. ISSN: 2451-5949.
- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Vuletic, E.; Plazas, M.C.; Brücher, E.; Guerra, G.D. 2015. Informes fitosanitarios región Centro Norte de Córdoba. ISSN: 2451-5949.
- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Vuletic, E.; Plazas, M.C.; Brücher, E.; Guerra, G.D. 2016. Informes fitosanitarios región Centro Norte de Córdoba. ISSN: 2451-5949.



- De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Vuletic, E.; Plazas, M.C.; Brücher, E.; Guerra, G.D. 2015. Roya polysora (*Puccinia polysora*) en la región centro norte de Córdoba. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Santa Fe.
- Díaz, C. Evolución e impacto de enfermedades foliares en el cultivo de maíz: *Cercospora* y *Tizones* Actas. 2010. IX Congreso Nacional de maíz, Rosario, Argentina.
- Formento, A.N. 2011. Enfermedades foliares reemergentes del cultivo de maíz: royas (*Puccinia sorghi* y *Puccinia polysora*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*) y mancha ocular (*Kabatiella zeae*). <http://inta.gob.ar/documentos/enfermedades-foliares-reemergentes-del-cultivo-de-maiz-royas-puccinia-sorghii-y-pucciniapolysora-tizon-foliar-exserohilum-turcicum-y-mancha-ocular-kabatiella-zeae/>
- Formento, A.N.; Velázquez, P.D.; Penco, R.; Guelperin, P. 2015. Comportamiento de híbridos de maíz a roya polisora (*Puccinia polysora*) en el ciclo agrícola 2014/15. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Santa Fe.
- Guerra, F.A.; Brücher, E.; De Rossi, R.L.; Plazas, M.C.; Guerra, G. & Ducasse, D. 2016. First Report of *Oxalis conorrhiza* as Alternate Host of *Puccinia sorghi*, Causal Agent of Common Rust of Maize. *Plant Disease*. Vol. 100. Nr. 2. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-15-0506-PDN>
- Guerra, F.A.; De Rossi, R.L.; Plazas, M.C.; Guerra, G.D. 2014. Control de tizón del maíz (*Exserohilum turcicum*) en diferentes escenarios. X Congreso Nacional de Maíz. AINBA.
- Hernández J.R.; Yasem de Romero M.; Díaz C.G.; Ramallo J.C. 2002. First Report of *Puccinia polysora* on Corn in Argentina. *Plant Dis.* 86(2):187.
- Maloy, O.C. 2005. Plant Disease Management. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2005-0202-01
- Munkvold, G. P. & White, D. G. 2016. Compendium of Corn Diseases. Fourth Edition. The American Phytopathological Society, APS Press.

- Oddino, C.; Marinelli, A.; García, J.; Garcia, M.; Tarditi, L.; Ferrari, S.; D´Eramo, L. y March, G.J. 2010. Comparación del efecto de momentos de tratamientos fungicidas sobre enfermedades foliares del maíz a través de modelos epidemiológicos no flexibles. Actas IX Congreso Nacional de maíz, Rosario, Argentina.
- Parisi L. y Couretot L. 2014. Evaluación de enfermedades foliares de híbridos comerciales. Siembra tardía. Campaña 2013/14. Página web INTA Pergamino.
- Parisi L., Couretot L., Magnone G., y Gatti N. 2015. Detecciones de roya polisora, mancha ocular y cercosporiosis en estadíos avanzados en maíces tardíos y de segunda en el Norte de la Provincia de Buenos Aires. Campaña 2014/15. Página web INTA Pergamino.
- Parisi L., Couretot L., Presello D., Suarez L., Magnone G., y Ferraris G. 2013. INTA Pergamino, evaluación de enfermedades de maíz en R4. Página web INTA Pergamino.
- Parisi, L.; Couretot, L., Magnone, G.; Beribe, M. J.; Gatti, N. 2015. Control de enfermedades foliares en maíz tardío con una mezcla de triazol + estrobilurina sobre cinco híbridos comerciales de diferente perfil sanitario. Campaña 2013/14. In: Revista técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. Maíz SD. Agosto 2015.
- Plazas, M.C.; De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Guerra, G.D. 2014. Identificación de bacterias que afectan el cultivo de maíz en el centro norte de Córdoba. III Congreso Argentino de Fitopatología. Tucumán.
- Plazas, M.C.; Parisi, L.; Couretot, L.; Guerra, F.A.; De Rossi, R.L.; Guerra, G.D. 2015b. Detección de *Burkholderia andropogonis* en maíz (*Zea mays* L.) “rayado foliar”. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Santa Fe.
- Plazas, M.C.; Vilaró, M.; De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Guerra, G.D. 2015a. Detección de *Acidovorax avenae* (Manns 1909) emend. en maíz (*Zea mays* L.). XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Santa Fe.

— Presello, D.; Botta, G. & Iglesias, J. 2004. Podredumbres de espiga de maíz y micotoxinas asociadas. *Idia XXI*. Año IV. N° 6. p. 152-157

— Reis, E.M.; Trezzi Casa, R. & Bresolin, A. C. 2004. Manual de diagnose e controle de doenças do milho. 2 ed. Rev. Atual. Lages, Santa Catarina, Brasil. Ed. Graphel. 144 p. ISBN 85-98548-02-2.

— Sillón, M. 2012. Caracterización y control químico de las enfermedades foliares en el cultivo de maíz: tendencias en el ciclo agrícola 2011/2012. *Revista Agromercado*, Cuadernillo Maíz 2012.

— Sillon, M.R; Magliano, M.F.; Nocenti, D.; Sobrero, L. y Aznarez, G. 2013. ¿Problemas sanitarios en maíz?. III Simposio Nacional de Agricultura. Paysandu, Uruguay.

— Sillon, M.R; Magliano, M.F.; Nocenti, D.; Sobrero, L. y Aznarez, G. 2013. Evolución y prevalencia de podedumbres de raíz y tallo en Santa Fe. *Revista Agromercado*.

— Sillón, M; Ramos, J; Del Valle, E; Couretot, L y Fontanetto, H. 2010. Nuevos desafíos en maíz: tizones, PTR y nematodos. *Actas del XVIII Congreso de Aapresid*. Pág. 1-6. Rosario, 11-13 de agosto de 2010.

— Teyssandier, E. 2005. Como predecir y controlar la ocurrencia de enfermedades limitantes de la producción de maíz. *Conferencias. VIII Congreso Nacional de Maíz*. p. 448-450. 16-18 de noviembre, Rosario-Santa Fe.

— Vidaver, A.K. & Lambrecht, P.A. 2004. Las Bacterias como Patógenos Vegetales. *Trans. Ana María Romero. The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2006-0601-01.

— Von Pinho, R. G. 1998. Metodologia de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência a *Puccinia polysora* Underw. E *Physopella zae* (Mains) Cummins e *Ramachar* na cultura do milho. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras

# — Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por virus, mollicutes y bacterias

## AUTORES

### **Giménez Pecci M.P.**

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)

### **Maurino M.F.**

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
CONICET

### **Druetta, M.**

EEA Este de Santiago del Estero (INTA)

### **Torrice A.K.**

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)

### **Oleszczuc D.**

Monsanto Argentina,

### **Guerra F.A. / Guerra G.D.**

Laboratorio de Fitopatología  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Católica de Córdoba (UCC)  
UCC-CONICET.

### **De Rossi R.L / Plazas M.C / Brücher E.**

Laboratorio de Fitopatología  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Católica de Córdoba (UCC)

### **Barontini J.**

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)  
IPAVE-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
CONICET

### **Ferrer M.**

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA)

### **Laguna I.G.**

Instituto de Patología Vegetal (IPAVE CIAP INTA), IPAVE  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
CONICET

## Introducción

Para advertir las diferencias existentes entre las enfermedades del maíz de fecha de siembra tardía respecto a las habituales en maíz de siembra temprana o “en fecha”, se debe considerar la interacción de los factores que intervienen en el “sistema enfermedad” o patosistema, a saber: el hospedante maíz, el o los patógenos, el ambiente incluyendo clima, vector, hospedantes alternativos, suelo, tecnologías, y finalmente el manejo del lote.

En principio, los maíces que se siembran en fechas tardías reciben mayor temperatura al comienzo del cultivo que los tempranos. Esta condición de mayor calor cuando la planta es pequeña, modifica el patosistema en varios aspectos. Por un lado, el cultivo está más expuesto a patógenos de zonas cálidas o a patógenos portados por vectores originados en zonas cálidas, que causan enfermedad al infectar la planta cuando ésta es pequeña y altamente susceptible, tal como el “corn stunt spiroplasma” (*Spiroplasma kunkelii*, CSS) o el virus del rayado fino del maíz ambos portados por *Dalbulus maidis*, la chicharrita del maíz. Por otro lado, la mayor temperatura al inicio del período vegetativo produce una modificación en el desarrollo de síntomas: por ejemplo, las plantas infectadas con *S. kunkelii* expresan mucho más síntomas y más intensos, y en consecuencia, la reducción de rendimientos en los maíces es notablemente mayor.

En siembras tardías también hay más cantidad de inóculo de la mayoría de las patologías que se desarrollan en clima templado, pues ya se han producido varios ciclos de la enfermedad desde el inicio de la campaña agrícola: al inóculo primario que sobrevivió el invierno o se liberó en primavera, se le suma el proveniente de los cultivos tempranos de la misma campaña. Esto ocurre con las bacterias que están afectando los cultivos de maíz en Argentina. Por su parte, los sistemas de labranza mínima y siembra directa que dejan rastrojo en superficie, favorecen también el incremento de los inóculos que permanecen en rastrojo de un año al otro, lo que se potencia si la siembra es tardía, debido al mayor tiempo de permanencia de rastrojo anterior al cultivo. Estos son los casos de las bacteriosis y del virus del moteado clorótico del maíz (*Maize chlorotic mottle virus*, MCMV), un virus reemergente en Argentina.

Los cultivos de siembra tardía además suelen tener mucho más agua durante el ciclo, dado que la mayoría de las regiones donde se cultiva maíz en el país presenta lluvias otoño-estivales, por lo tanto, están más expuestos a aquellas enfermedades que requieren exceso de humedad. Tal es el caso, nuevamente, de las enfermedades causadas por virus y mollicutes transmitidas por la chicharrita *D. maidis*, debido a que este cicadélido desarrolla sus poblaciones en ambientes cálidos con elevada humedad relativa (Virla et al. 2003).

Los patógenos y vectores que desarrollan sus poblaciones en ambientes cálidos, migran hacia las zonas más templadas en la medida que encuentran temperatura y hospedantes aptos y una vez establecidos en la zona de menor temperatura, podrían desarrollar variantes adaptadas a ese ambiente. Por este motivo, los maíces tardíos podrían estar cumpliendo el rol de introducir y establecer enfermedades características de zonas más cálidas, como algunas bacteriosis y la chicharrita *D. maidis* previamente citada. Finalmente, los maíces tardíos pueden cumplir el rol de puentes verdes para vectores como *D. maidis* o el ácaro *Aceria tocihella*, este último vector específico de dos virosis emergentes en maíz, el mosaico estriado del trigo (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) y el High Plains wheat mosaic virus (HPWMOV).

Al igual que en maíz temprano, la elección del híbrido a utilizar, la rotación de cultivos, la calidad de semilla, el monitoreo y otras medidas de manejo del cultivo, son factores que pueden afectar de una u otra manera a la incidencia de las patologías. A continuación se detallan algunas enfermedades del maíz en las que el cambio de fecha de siembra desde temprana a tardía, modifica sus patosistemas.

## **Bacteriosis**

Diversos síntomas foliares se han observado en las últimas campañas. Los agentes causales de tan variados síntomas son muchos y en su análisis existe una alta proporción de infecciones mixtas (Plazas *et al.*, 2014 a). Inicialmente se ven manchas de aspecto acuoso y translucidas, que se alargan. En general con clima favorable, se desarrollan hasta generar lesiones alargadas, de 2 a 4 mm de ancho, que se extienden entre las nervaduras, a lo largo de la hoja y pueden llegar a unirse formando áreas necróticas mayores (Fig 1)

(Munkvold y White, 2016).

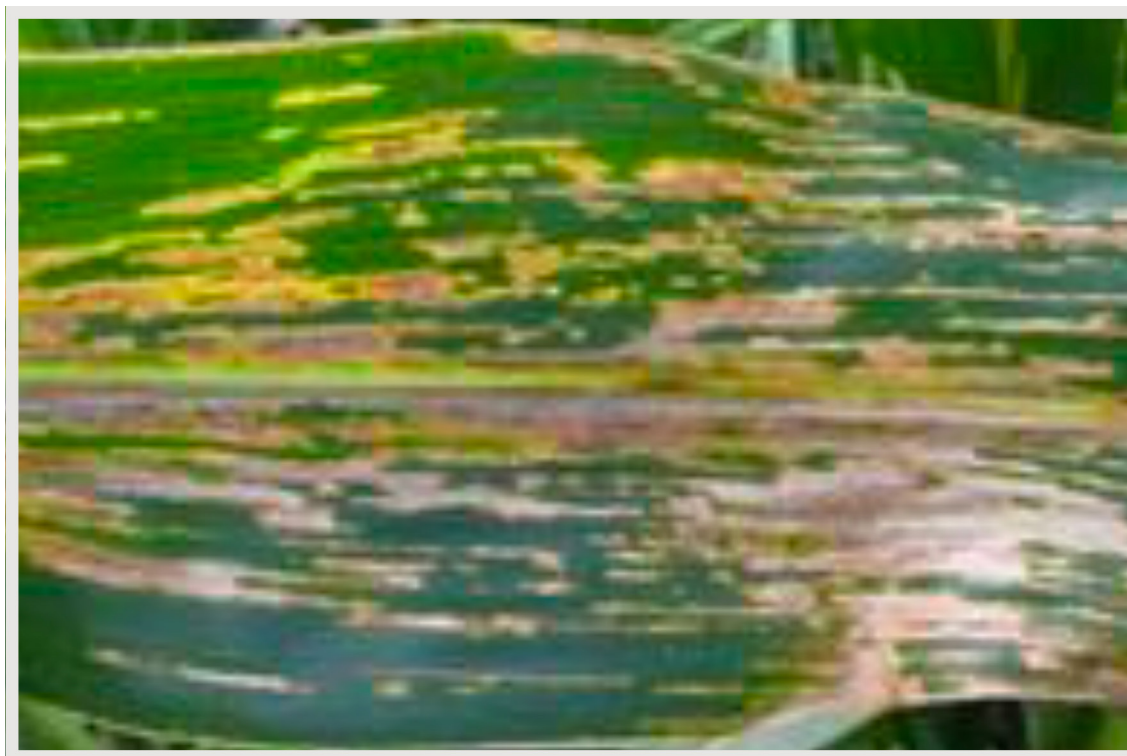
Las lesiones son de color anaranjado o amarronadas con bordes amarillos en ocasiones de forma ondulada (CIMMYT, 2004). Las plantas son susceptibles desde estadíos tempranos y pueden aparecer nuevas manchas hasta en las hojas del estrato superior, incluso en las chalas de la espiga.

El porcentaje de híbridos afectados y su severidad se ha incrementado en las últimas campañas (Plazas et al., 2014), presentando síntomas el 52% de los híbridos evaluados en la campaña 2011/12 hasta el 100% de los híbridos en la campaña 2013/14 en el Centro Norte de Córdoba. Hasta el momento se ha logrado identificar las siguientes especies fitopatogénicas: *Acidovorax avenae*, *Acidovorax temperans*, *Burkholderia andropogonis*, *Pantoea ananatis*, *Pantoea stewartii subsp. stewartii*, *Pseudomonas syringae* y *Xhantomonas vasicola*. Detectándose a su vez en las lesiones un gran número de especies endófitas y acompañantes, las cuales se desconoce su papel en el desarrollo de la infección (Plazas et al., 2014, 2015a, 2015b).

Para el manejo de las bacteriosis es importante tener en cuenta que estos patógenos perduran en los restos vegetales con actividad saprofítica, se transmiten por semilla y no son controlados por los ingredientes activos disponibles hoy en el mercado, por lo que su manejo depende de la prevención, medidas que realizadas antes de la siembra, están destinadas a evitar la aparición del patógeno en el cultivo (Vidaver and Lambrecht, 2004; Maloy, 2005). Algunas de ellas son: elección del lote; selección de materiales de mejor comportamiento; siembra de semilla sana; control de malezas hospedantes como sorgo de Alepo, maíz, trigo y sorgo guachos; y favorecer la mineralización, donde por competencia e inhibición con otros microorganismos se limita el tiempo de actividad saprofítica y se reduce la supervivencia. Si bien muchas bacterias fitopatógenas se ven favorecidas por alta humedad y algunas dependen del agua libre sobre la hoja, en estos casos el factor más predisponente a la penetración del patógeno es la producción de heridas generadas por fuertes vientos, con el roce entre las hojas y el daño de arena. En este sentido se puede planificar fechas de siembras basadas en evitar la mayor cantidad de temporales.

## Enfermedades causadas por Mollicutes

El achaparramiento del maíz es una enfermedad de zonas cálidas, transmitido por *D. maidis*, chicharrita que desarrolla sus poblaciones en zonas cálidas. Esta enfermedad que se ha instalado definitivamente en el país, es típica de los cultivos tardíos por lo que se requiere tenerla en cuenta en el desarrollo de híbridos para siembra tardía. Es



**Figura 1.** Hoja de maíz con bacteriosis

causada por Maize bushy stunt phytoplasma (MBSP) y/o *S. kunkelii* (CSS), procariotas de la clase Mollicutes, que se comportan de manera muy similar a los virus fitopatógenos. A la infección de uno o los dos mollicutes se le puede sumar el virus MRFV transmitido por el mismo vector. En Argentina se ha detectado la presencia de MBSP en el NOA, NEA y con menor frecuencia en el centro del país, si bien se lo registra generalmente con baja prevalencia, las plantas afectadas pueden presentar, entre otros síntomas, esterilidad de espigas y por consiguiente pérdidas en la producción (Carpane et al., 2012).



CSS está presente en todo el territorio agrícola del país aunque es más importante en el Norte Argentino, donde el incremento en la superficie de siembra con híbridos templados, no seleccionados para enfermedades de la región subtropical, genera condiciones para que la misma se manifieste (Fig 2). La presencia del patógeno en las plantas se asocia a una disminución media de la producción del 70%, llegando a ser nula en plantas severamente afectadas (Virla et al., 2004). En ensayos de comportamiento de cultivares comerciales y precomerciales frente a infecciones naturales y forzadas por CSS, realizados en la provincia de Córdoba, se determinó una disminución del rendimiento entre 18-90%, entre los cultivares con mayor y menor tolerancia, respectivamente (Barontini et al., 2016).

Monitoreos de la presencia de CSS realizados entre 2011 y 2015 en la región subtropical del país (provincias del Chaco, Santiago del Estero, Salta y Tucumán), analizados por DAS-ELISA con sueros propios producidos en IPAPE – INTA (Giménez Pecci

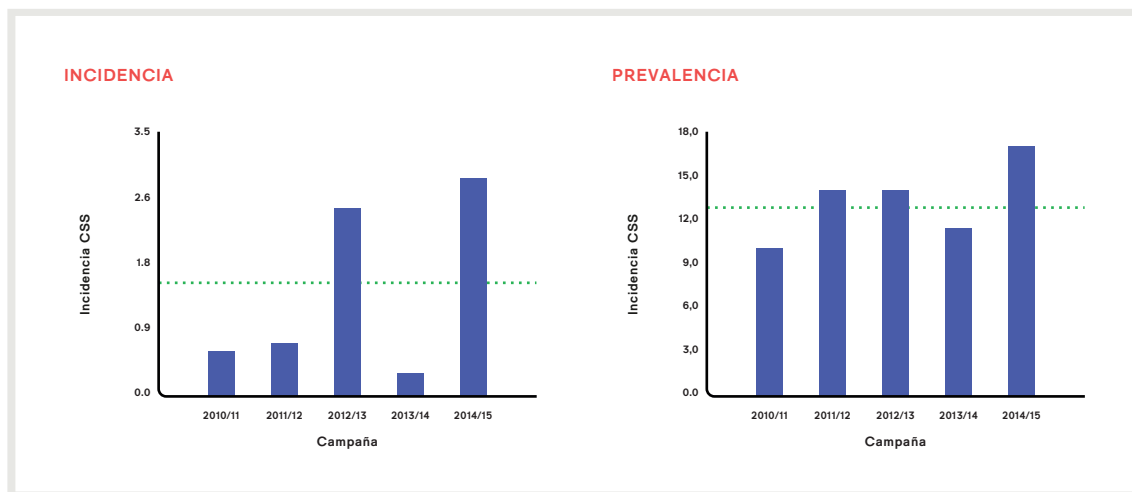


**Figura 2.** Planta con estrías cloróticas típicas causadas por *Spiroplasma kunkelii*

et al., 2009), registraron una tendencia creciente en incidencia y en prevalencia durante el quinquenio. Los valores de incidencia y prevalencia en 2014/15 fueron los mayores del período analizado: el 17% de los lotes de la región subtropical registraron el espiroplasma y casi 3% de las plantas de maíz prospectadas estuvieron enfermas, lo que se traduce en pérdidas de al menos el 1,5% de la producción de maíz de la región (Fig 3 A y B).

## Virosis y necrosis letal del maíz

Los virus son parásitos obligados, esto implica que no son activos fuera de sus hospedantes ya que dependen de la maquinaria celular de los mismos para reproducirse.



**Figura 3. A)** Incidencia media de CSS durante 2011-2015 en la región subtropical. Línea verde: Incidencia media de CSS para dicho período. **B)** Prevalencia media de CSS durante 2011-2015 en la región subtropical. Línea violeta: Prevalencia media de CSS para dicho período (Druetta et al., 2016).

Todos los tipos de organismos vivos incluyendo animales, plantas, hongos y bacterias son hospedantes de virus, pero la mayoría de los virus infecta solo un tipo de hospedante (Gergerich and Dolja, 2006). Estos patógenos causan numerosas enfermedades en plantas y son responsables de grandes perjuicios en los cultivos (Laguna and Giménez Pecci, 2012; Pennazio et al., 1996). En vegetales, constituyen el segundo grupo de patógenos después de los hongos en cuanto al número e importancia de las enfermedades que causan (Fraile Pérez and García Arenal Rodríguez, 2005). Dependiendo de la combinación de virus y hospedante, y de las condiciones ambientales, la respuesta vegetal a una infección

puede ser muy variada: las plantas infectadas pueden mostrar un espectro de síntomas, siendo los más frecuentes el amarillamiento de hojas, patrones de bandas o mosaicos, distorsión de hojas (enrollamiento, acartuchamiento, cortes), achaparramiento de planta completa, anomalías en formación o nula producción de flores o frutos, manchado y deformación de semillas, declinamiento y muerte prematura de las plantas. En ocasiones los virus se restringen a ciertas regiones de la planta (manchas discretas en las hojas, áreas necróticas en pecíolos, frutos y tallos) aunque en la mayoría de los casos, causan infecciones sistémicas. La infección no siempre resulta en síntomas visibles, como en el caso de los virus latentes.

A diferencia de las ocasionadas por bacterias u hongos, las pérdidas causadas por virus en cultivos resultan difíciles de cuantificar, debido a una falta de reconocimiento de la manifestación de las enfermedades causadas por virus. Factores tales como variaciones en las pérdidas de región a región, de campaña a campaña, así como infecciones crípticas o efectos sutiles en las plantas, son algunos de los problemas al momento de intentar cuantificar los detrimentos causados por virus en la producción (Hull, 2009).

En Argentina, se han detectado al menos nueve virus en este cultivo, algunos ocasionan pérdidas de manera periódica, resultando a veces totales, como ocurre con el *Mal de Río Cuarto virus* (MRCV). Este virus se registra todos los años en el área comprendida entre el sur de la provincia de Córdoba, sudoeste de Santa Fe, oeste de Buenos Aires, norte y este de La Pampa y este de San Luis (Giménez Pecci et al., 2012). Su prevalencia se incrementa de norte a sur, llegando a valores del 40% hasta el paralelo 30°LS y 83% hasta el 37°LS. Se ha registrado que en ciclos de 3 a 4 años presenta picos de prevalencia superiores al 60% de lotes enfermos (Giménez Pecci et al., 2014). Previamente se comenta que en cultivos de maíz tardíos hay más cantidad de inóculo de la mayoría de los agentes patógenos que se desarrollan en clima templado; efectivamente esto ocurre en la mayoría pero no en todas las patologías, tal el caso del Mal de Río Cuarto, enfermedad que no es importante en siembras tardías debido al comportamiento del vector. Los vectores delfácidos que transmiten el virus llegan al maíz desde los cultivos de cereales de invierno senescentes, buscando alimento fresco. Ya que las siembras tardías de maíz no se superponen con cultivos

senescentes de cereales de invierno; en fecha tardía no se producen grandes poblaciones de delfácidos en búsqueda de alimento, por lo que no hay presencia importante de plantas enfermas en siembras tardías.

Otros virus presentes en el país que no han registrado incrementos de incidencia o prevalencia en los cultivos de siembra tardía son *Barley yellow dwarf virus* (BYDV), *Maize yellow striate virus* (MYSV), *Maize rayado fino virus* (MRFV). BYDV es un virus ampliamente distribuido en cultivos de trigo, avena y cebada del país. Aunque se ha reportado en cultivos de maíz (Laguna y Giménez Pecci, 2012), no ha vuelto a ser registrado en este cultivo en Argentina. MYSV es un patógeno nuevo, recientemente caracterizado en nuestro país, detectado en las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires. Las plantas afectadas presentan severos síntomas de estriado, enanismo y esterilidad de panoja (Maurino et al., 2014, 2012a, 2012b). MRFV es transmitido por *D. maidis* y detectado esporádicamente en toda la región maicera del país (Giménez Pecci et al., 2000, 2001, 2002, 2005).

Por su parte, los virus en maíz que han incrementado su importancia respecto a las pérdidas que pueden causar en maíces de siembra tardía son High Plains wheat mosaic virus (HPWMoV, syn High Plains virus-HPV, syn Maize red stripe virus-MRSV) y los componentes de la necrosis letal del maíz: *Maize chlorotic mottle virus* (MCMV), *Maize dwarf mosaic virus* (MDMV), *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) y *Wheat streak mosaic virus* (WSMV). El virus causal de la enfermedad denominada “High Plains” fue detectado por primera vez en cultivos de maíz del país en muestras colectadas durante la campaña 2011/12 y desde ese momento ha incrementado su presencia, tanto en infecciones simples como mixtas (Maurino et al., 2014; Raspanti et al., 2014). MDMV y SCMV son potyvirus que se registran frecuentemente en todas las campañas muestreadas. WSMV, también potyvirus, es patógeno principalmente en los cereales de invierno desde donde pasa al cultivo de maíz transmitido por el ácaro *Aceria tosichella*. Por su parte *Maize chlorotic mottle virus* (MCMV) es un virus reemergente que está cobrando importancia en los últimos años por ser componente indispensable, en combinación con alguno de los tres potyvirus mencionados previamente, de la Necrosis letal del maíz, una enfermedad devastadora.

## Necrosis letal del maíz

En los últimos años, en los que se ha incrementado considerablemente la superficie de maíz tardío en la zona subtropical del país, se ha observado también el incremento de plantas con Necrosis letal del maíz (Barontini et al., 2015; Giménez Pecci et al., 2008; Giménez Pecci and Laguna, 2012; Maurino et al., 2010) (Fig. 4). Como se menciona previamente, esta enfermedad es producida por la interacción sinérgica entre MCMV y un potyvirus (SCMV, MDMV o WSMV). La interacción entre MCMV y SCMV produce concentraciones 5 veces mayor de MCMV en plantas inoculadas y la interacción de MCMV con WSMV en maíz N28Ht incrementa las concentraciones del mismo virus entre 3 y 11 veces (Goldberg and Brakke, 1987; Scheets, 1998; van Regenmortel and Mahy, 2009; Xia et al., 2016). El MCMV es transmitido por trips y crisomélidos como *Diabrotica* sp. y por su gran estabilidad se menciona la capacidad de permanecer en el rastrojo de los lotes infectados, desde donde las larvas de vectores pueden tomar el virus y transmitirlo a las nuevas plantas. En el país se han detectado plantas con infecciones dobles y triples con estos patógenos. La enfermedad normalmente se presenta en epidemias (Kansas State University, consulta 2016) como está ocurriendo actualmente en el continente africano (FAO, consulta 2016). Debido a la posibilidad de transmisión por semilla y al intenso intercambio de granos entre continentes, hay alerta en el comercio mundial al respecto. Durante la campaña 2014/15 en la zona templada y 2015/16 en NEA y NOA, lotes de maíz presentaron muerte prematura de plantas con incidencias de hasta 30%. El desorden se detecta en la parte aérea como clorosis foliar, y entrega de la planta por anticipado antes de completar el llenado de granos. No se observan síntomas de pudrición en la base del tallo, lo que constituye un síntoma esperable en las enfermedades de pudrición de caña. Están en estudio las causas que puedan estar produciendo este desorden, considerándose posible que sea producido por Necrosis letal del maíz debido a la semejanza de la sintomatología.





**Figura 4.** Plantas con síntomas de Necrosis Letal del Maíz (NLM). Izquierda: plantas con síntomas de NLM; Derecha: plantas sanas;

### **Monitoreos de virosis en cultivos de maíz, campañas 2010/11 a 2015/16**

Durante las últimas seis campañas agrícolas, el grupo de trabajo de enfermedades de maíz del IPAVE-CIAP-INTA realizó monitoreos periódicos de lotes de distintas localidades del área maicera del país, de las enfermedades causadas por virus. El diagnóstico de los virus se realizó mediante la prueba DAS ELISA utilizando reactivos comerciales (AGDIA Inc., USA) para los patógenos: MCMV, MDMV, SCMV, WSMV y HPWMoV.

De esta manera se detectó por primera vez en el país, durante la campaña 2010/11 la presencia de WSMV en cultivos de maíz en Argentina, llegando a niveles de incidencia del 28 % en Chaco (Maurino et al., 2010). A su vez, durante esta campaña también se realiza el primer reporte de la Necrosis letal producida por el sinergismo entre MCMV y WSMV, también en la provincia de Chaco. Esta enfermedad hasta este momento detectada en la

zona subtropical, es posteriormente (2013/14) observada en las localidades de Los Toldos y Coronel Suarez, provincia de Buenos Aires, en la localidad de Arteaga y Firmat, provincia de Santa Fe, en el cinturón verde de la ciudad de Córdoba y en la localidad de Los Altos, provincia de Catamarca, causada por MCMV y SCMV (Maurino et al., 2014).

En la campaña 2013/14 se detectó SCMV en infecciones simples en las localidades de Villa María de Rio Seco, provincia de Córdoba; Firmat, provincia de Santa Fe; Los Altos, provincia de Catamarca; y en la localidad de Otumpa, Santiago del Estero (Maurino et al., 2014).

En las campañas 2011/12 y 2012/13 se detectó HPWMOV en cultivos de maíz en infecciones simples y mixtas con MDMV y SCMV en localidades de las provincias de Tucumán y Buenos Aires, y en 2013/14 se lo detecta también en Córdoba, Santa Fe y Catamarca (Raspanti et al., 2014).

PROVINCIA	LOCALIDADES MUESTREADAS	PREVALENCIA*				
		MCMV	MDMV	HPWMOV	SCMV	WSMV
Tucumán	30	3,3	0	0	0	0
Santa Fe	17	11,8	0	11,8	11,8	0
Córdoba	67	1,5	6	3	4,5	0
Buenos Aires	36	5,6	8,3	8,3	8,3	0
Santiago del Estero	29	10,3	7	0	7	3,4
Salta	14	7,1	7,1	0	0	0
La Pampa	10	0	10	0	0	0
Chaco	13	15,4	0	7,7	7,7	7,7
Catamarca	1	+ **	+ **	+ **	+ **	- **
Jujuy	1	- **	- **	- **	- **	- **

Tabla 1. Prevalencia por provincia de virus fitopatógenos, en el cultivo de maíz en Argentina entre 2010/11 y 2015/16.

Durante el periodo comprendido entre 2010/11 y 2015/16 se tomaron muestras de 218 localidades de 10 provincias de nuestro país (Tabla 1).

Durante el periodo comprendido entre 2010/11 y 2015/16 se detectaron las

enfermedades producidas por WSMV, SCMV, HPWMoV, MDMV, MCMV y NLM en cultivos de maíz de diversas localidades de las provincias de Chaco, Santiago del Estero, Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Santa Fe, La Pampa, Salta, y Tucumán (Fig. 5). La mayor de las prevalencias para MCMV y WSMV se presentó en la provincia de Chaco, mientras que para HPWMoV y SCMV la mayor prevalencia estuvo en Santa Fe. MDMV presentó una

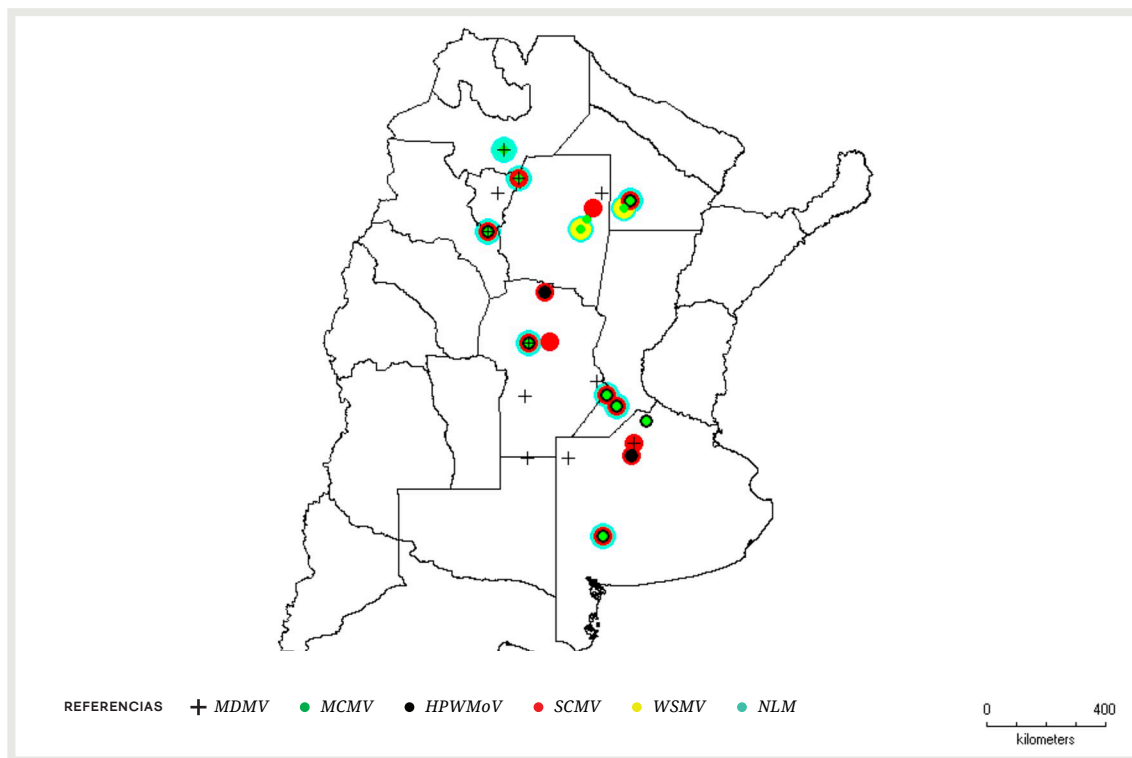


Figura 5. Presencia de virus en el cultivo de maíz desde 2010/11 hasta 2015/16.

mayor prevalencia en Buenos Aires. Tucumán fue la provincia con menor incidencia de enfermedades causadas por virus registradas, mientras que las provincias con la mayor cantidad de virosis fueron Córdoba, Buenos Aires, Chaco y Catamarca (Tabla 1).

Las provincias con mayor cantidad de localidades afectadas por virosis durante 2010/11 y 2015/16 fueron Córdoba y Buenos Aires, en las cuales se detectó la presencia de alguna enfermedad causada por virus en 5 localidades diferentes, del total de las localidades muestreadas para esa provincia. La NLM mostró una amplia distribución en



el área maicera argentina durante este periodo, afectando a localidades de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Santiago del Estero, Catamarca, Chaco y Salta (Fig. 5).

## Bibliografía

— Barontini, J., Oleszczuk, D., Druetta, M., Raspanti, J.G., Maurino, M.F., Ferrer, M., Carpane, P., Laguna, I.G., Giménez Pecci, M.P., 2016. Comportamiento de cultivares comerciales y precomerciales. Red Innovadores-AAPRESID 12–18.

— Barontini, J., Raspanti, J.G., Maurino, M.F., Ferrer Lanfranchi, M., Laguna, I.G., Giménez Pecci, M.P., 2015. Estado actual de la sanidad del cultivo de maíz en Argentina. AAPRESID2 33–37.

— Carpane, P., Giménez Pecci, M.P., Conci, L.R., Carloni, E., Murúa, L., Bisonard, E.M., Laguna, I.G., 2012. Achaparramiento del maíz, in: Giménez Pecci, M.P., Laguna, I.G., Lenardon, S. (Eds.), *Enfermedades Del Maíz Producidas Por Virus Y Mollicutes En Argentina*. pp. 57–84. CIMMYT, Programa de Maíz. 2004. *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo*. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT.

— Druetta, M., Raspanti J.G., Luna, I.M., Barontini J., Maurino M.F., Ferrer M., Laguna IG., Giménez Pecci M.P. 2016. Corn stunt spiroplasma en la región subtropical. *Horizonte A. Especial maíz* 12 (81): 30-32.

— Eyhéribide, G.H., 2015. Bases para el manejo del cultivo de maíz. INTA. FAO. [www.fao.org/emergencias/recursos/documentos/recursos-detalle/es/c/179179](http://www.fao.org/emergencias/recursos/documentos/recursos-detalle/es/c/179179) consulta diciembre 2016.

— Fraile Pérez, A., García Arenal Rodríguez, F., 2005. Las virosis de las plantas y su control. *Phytoma* 169, 79–81.

— Gergerich, R.C., Dolja, V. V., 2006. Introduction to Plant Viruses, the Invisible Foe [WWW Document]. *Plant Heal. Instr.* doi:DOI: 10.1094/PHI-I-2008-0122-01

- Giménez Pecci, M.D.L.P., de Oliveira, E., Resende, R.O., Carpane, P., Derengowski, L., Nagata, T., Nome, C., Borgogno, C., Laguna, I.G., 2001. Maize rayado fino virus (MRFV) in the northern area of Argentine. *Fitopatol. Bras.* 26, 544.
- Giménez Pecci, M.P., De Oliveira, E., Resende, R.O., Laguna, I.G., Conci, L.R., Avila, A., Herrera, P., Galdeano, E., Virla, E., Nome, C.F., 2002. Ocorrença de doenças causadas por mollicutes e por vírus em milho nas províncias de Tucumán e de Córdoba na Argentina. *Fitopatol. Bras.* 27, 403–407.
- Giménez Pecci, M.P., Carpane, P., Carloni, E., Nome, C., Fiorona, M., Laguna, I.G. 2009. Cap. X. Técnicas empleadas en la identificación y caracterización de *Spiroplasma kunkelii* Withcomb et al., 1986 (reino Eubacteria, clase Mollicutes), pag. 53-65. En: Procedimientos empleados en la identificación de organismos fitopatógenos. LAGUNA I.G., V. CONCI, P.
- RODRÍGUEZ PARDINA, G TRUOL, M. FIORONA, L DI FEO Eds. 65 pp. ISBN 978-987-05-7837-6.
- Giménez Pecci, M.P., García, A., Druetta, Cabral, J.B., Ramírez, E.H., Raspanti, J., Ferrer, M., Maurino, M., Laguna, I.G., 2014. Periodicidad y distribución de dos enfermedades del maíz (*Zea mays* L.) en la década del 2000 en Argentina, in: Escuela de Matemática Aplicada a La Biología-BIOMAT. La Falda, Córdoba, pp. 46–47.
- Giménez Pecci, M.P., Laguna, I.G., 2012. Maize chlorotic mottle virus (MCMV) y Necrosis letal del maíz, in: Giménez Pecci, M.P., Laguna, I.G., Lenardon, S.L. (Eds.), Enfermedades del maíz producidas por Virus y Mollicutes en Argentina. INTA, pp. 91–98.
- Giménez Pecci, M.P., Laguna, I.G., Carloni, E., Geréz, P., Murúa, L., 2008. Enfermedades causadas por virus y mollicutes en maíz en Argentina, in: 1o Congreso Argentino de Fitopatología. Córdoba, Argentina, p. 309.
- Giménez Pecci, M.P., Laguna, I.G., Lenardon, S.L., 2012. Mal de Río Cuarto del maíz, in:

- Giménez Pecci, M.D.L.P., Laguna, I.G., Lenardon, S.L. (Eds.), *Enfermedades Del Maíz Producidas Por Virus Y Mollicutes En Argentina*. INTA, pp. 41–56.
- Gimenez Pecci, M.P., Oliveira, E., Resende, R., Borgogno, C., Nome, C.F., Laguna, I.G., 2000. Occurrence of Maize rayado fino virus in Maize in Argentina. *Plant Dis.* 84, 1046.
- Gimenez Pecci, M.P., Virla, E.G., Carpane, P., Dagoberto, E., Murúa, L., Nome, C.F., Conforto, C., Laguna, I.G., 2005. Detección del virus del rayado fino del maíz en áreas templadas de Argentina, in: VIII Congreso Nacional de Maíz. pp. 268–271.
- Goldberg, K.B., Brakke, M.K., 1987. Concentration of Maize Chlorotic Mottle Virus Increased in Mixed Infections with Maize Dwarf Mosaic Virus , Strain B. *Phytopathology* 77, 162–167.
- Hull, R., 2009. Overview of plant viruses: Introduction to plant viruses, in: Hull, R. (Ed.), *Comparative Plant Virology*. Academic Press, San Diego, CA., pp. 23–41.
- Kansas State University <http://www.plantpath.k-state.edu/extension/publications/cornlethalnecrosis.pdf> consulta diciembre 2016
- Laguna, I.G., Giménez Pecci, M.P., 2012. Enfermedades causadas por virus y mollicutes en el cultivo de maíz, in: Eyhérabide, G.H. (Ed.), *Manejo del Cultivo de Maíz*. INTA, pp. 151–176.
- Maurino, M.F., Laguna, G., Giolitti, F., Nome, C., Giménez Pecci, M.P., 2012a. First Occurrence of a Rhabdovirus Infecting Maize in Argentina. *Plant Dis.* 96, 1383.
- Maurino, M.F., Nome, C.F., Laguna, I.G., Giménez Pecci, M.P., 2012b. Virosis emergentes en maíz, in: Giménez Pecci, M.P., Laguna, I.G., Lenardon, S.L. (Eds.), *Enfermedades del Maíz Producidas por Virus y Mollicutes en Argentina*. INTA, pp. 99–108.

— Maurino, M.F., Raspanti, J.G., Ferrer Lanfranchi, M., Laguna, I.G., Giménez Pecci, M.P., 2014. Expansión de enfermedades causadas por virus y hongos en maíz, en Argentina, in: X Congreso Nacional de Maíz. Rosario, Santa Fe.

— Maurino, M.F., Trucco, V.M., Ruiz Posse, M.P., Bisonard, E.M., Murúa, L., Virla, E.G., Paradell, S.L., Carpane, P., Laguna, I.G., Giménez Pecci, M.P., 2010. Prospección de enfermedades prevalentes, emergentes y reemergentes causadas por virus y mollicutes del maíz en Argentina, in: IX Congreso Nacional de Maíz Y Simposio Nacional de Sorgo. Rosario, Santa Fe, pp. 230–231.

— Maloy, O.C. 2005. Plant Disease Management. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2005-0202-01

— Munkvold, G. P. and White, D. G. 2016. Compendium of Corn Diseases. Fourth Edition. The American Phytopathological Society, APS Press.

— Pennazio, S., Roggero, P., Conti, M., 1996. Yield losses in virus-infected crops. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 30, 283–296.

— Plazas, M.C.; De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Guerra, G.D. 2014. Identificación de bacterias que afectan el cultivo de maíz en el centro norte de Córdoba. III Congreso Argentino de Fitopatología. Tucumán.

— Plazas, M.C.; Parisi, L.; Couretot, L.; Guerra, F.A.; De Rossi, R.L.; Guerra, G.D. 2015b. Detección de *Burkholderia andropogonis* en maíz (*Zea mays* L.) “rayado foliar”. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Santa Fe.

— Plazas, M.C.; Vilaró, M.; De Rossi, R.L.; Guerra, F.A.; Guerra, G.D. 2015a. Detección de *Acidovorax avenae* (Manns 1909) emend. en maíz (*Zea mays* L.). XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Santa Fe.

- Raspanti, J.G., Maurino, M.F., Druetta, M., Ferrer, M., Ruiz Posse, M.P., Laguna, I.G., Giménez Pecci, M.P., 2014. Detección de High Plains virus (HPV) en infecciones simples y mixtas en cultivos de maíz en Argentina, in: 3o Congreso Argentino de Fitopatología. Tucumán, p. 237.
- Scheets, K., 1998. Maize chlorotic mottle machlomovirus and wheat streak mosaic rymovirus concentrations increase in the synergistic disease corn lethal necrosis. *Virology* 242, 28–38. doi:10.1006/viro.1997.8989
- Van Regenmortel, M.H.V., Mahy, B.W.J., 2009. Desk Encyclopedia of Plant and Fungal Virology, 1st ed. ELSEVIER Academic Press.
- Vidaver, A.K. and Lambrecht, P.A. 2004. Las Bacterias como Patógenos Vegetales. Traducción Ana María Romero. The Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2006-0601-01.
- Virla, E.G., Paradell, S.L., Diez P.A. 2003. Estudios bioecológicos sobre la chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* (Insecta - Cicadellidae) en Tucumán (Argentina). *Bol. San. Veg. Plagas*, 29:17-25.
- Virla, E.G., Díaz, C.G., Carpane, P., Laguna, I.G., Ramallo, J., Gerónimo Gómez, L., Giménez Pecci, M.P., 2004. Evaluación preliminar de la disminución en la producción de maíz causada por el “Corn stunt Spiroplasma” (CSS) en Tucumán, Argentina. *Boletín Sanid. Veg. Plagas* 30, 403–413.
- Xia, Z., Zhao, Z., Chen, L., Li, M., Zhou, T., Deng, C., Zhou, Q., Fan, Z., 2016. Synergistic infection of two viruses MCMV and SCMV increases the accumulations of both MCMV and MCMV-derived siRNAs in maize. *Sci. Rep.* 6, 20520. doi:10.1038/srep20520

# — ¿Cuáles son las diferencias en el manejo de malezas?

## AUTORES

**Fernando García Frugoni**

---

Coordinador Proyecto Malezas CREA  
Estudio Bernaudo & García Frugoni Consultores.  
E: fgfrugoni@gmail.com

## El problema de malezas y su evolución

La agricultura es el factor de intervención más importante en los ecosistemas en los que producimos alimentos a nivel global. Nuestras acciones para la producción generan una fuerte presión de selección sobre los sistemas.

En los últimos años, como consecuencia de ejercer una presión constante y reiterada se seleccionaron tolerancias y se generaron resistencias.

En el caso de las malezas, además, los procesos de invasión de una especie en un ecosistema ocurren en tres fases. Las primeras fases de invasión ocurren a baja tasa y en forma lineal. Sin embargo, este proceso tiene un punto de quiebre a partir del cual la pendiente se hace exponencial (Gráfico 1).

En la etapa “lineal y lenta” del proceso las acciones de control son más eficientes y de menor costo. En la segunda etapa, donde el avance tiene una tasa exponencial, las acciones son de baja efectividad y alto costo.

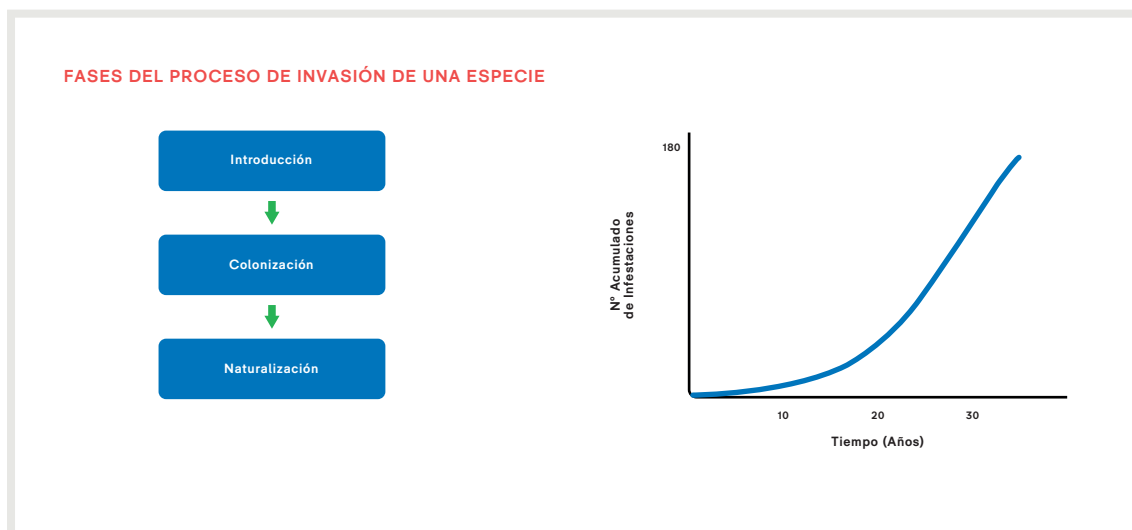


Figura 1: Fases del proceso de invasión de una especie. Adaptado de Cousens and Mortimer.

Poder anticipar que especies tienen riesgo de entrar en este ciclo en cada sistema de producción es un desafío importante para la prevención y anticipación.

Conocer las especies problema en otros ambientes y entender que posibilidad / riesgo tienen de serlo en “mis ambientes” es una buena estrategia para trabajar con anticipación e identificar los desafíos en la fase lineal del proceso de invasión.

## La rotación de cultivos y la mirada del sistema

El incremento de la proporción de gramíneas en las rotaciones agrícolas a nivel nacional de la campaña 2016-2017 aparece como una muy buena noticia para el control de malezas en los sistemas de producción de alimentos (además de ser una muy buena noticia para la sostenibilidad de los sistemas en general).

Tomando los resultados de lotes agrícolas en las regiones Centro y Litoral Sur de CREA en las últimas 10 campañas, se determinó que la proporción de gramíneas en la rotación es como un factor importante a la hora de anticipar problemas en el control de malezas en lotes que fueron sembrados con maíz y con soja de 1ra. (Figura 2).

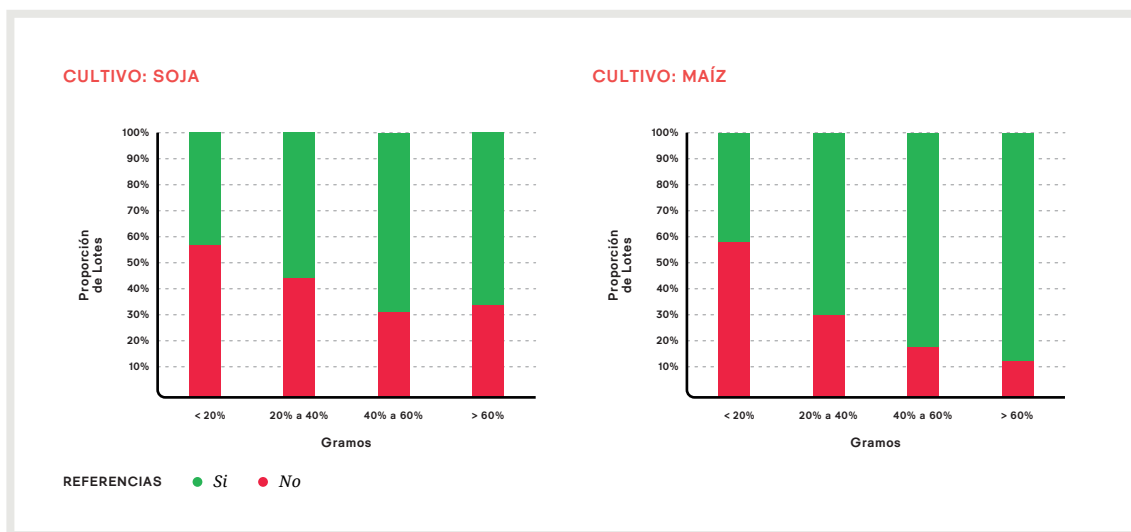


Figura 2: Proporción de lotes de maíz y soja que presentaron problemas para el control de malezas función de la participación de gramíneas en la rotación de las últimas 10 campañas. (Proyecto Rotaciones CREA. Región Centro. MSc Ariel Angeli).



Pero la rotación de cultivos es solo uno de los factores que afectan a los sistemas agrícolas en general y al problema de malezas resistentes y tolerantes en particular.

En el abordaje del problema, la mirada holística, la visión sistémica, resulta determinante.

Es clave comprender los sistemas de producción en su conjunto y trabajar entendiendo la interacción compleja y multifactorial entre los componentes que los forman.

### **El control de malezas en el cultivo de maíz tardío**

El cultivo de maíz tardío es un buen ejemplo de la necesidad de esta mirada más integradora y amplia de los sistemas.

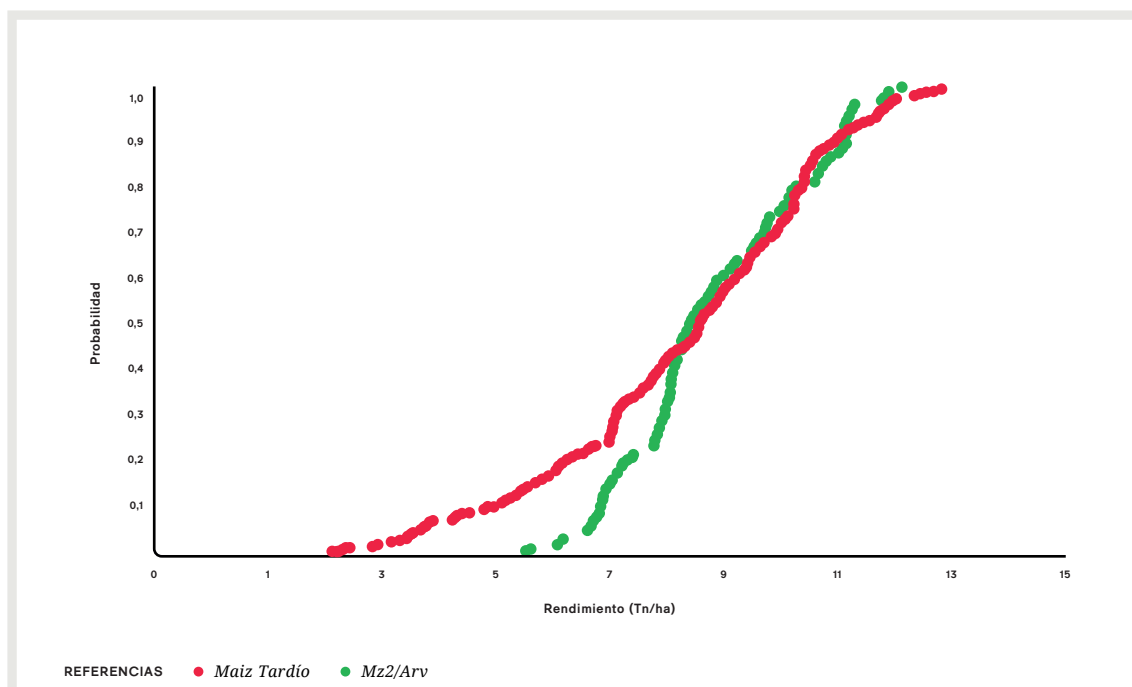
En los últimos años, atravesar el periodo de barbecho del maíz tardío sin presencia de malezas ha sido uno de los grandes desafíos. Si bien es variable a nivel de país, en general el maíz tardío se siembra en los últimos días de noviembre o durante el mes diciembre. Esto implica que, en todos los casos, el barbecho cercano a la siembra debe hacerse en primavera cuando la emergencia de malezas y su tasa de crecimiento se maximiza o es muy elevada.

Conocer las especies que son un problema en cada región y su dinámica de emergencia es determinante para definir la mejor estrategia de control durante el barbecho y en los primeros estadios del cultivo.

Una vez identificada/s la/s especie/s más problemática/s, la mejor estrategia de control de malezas contemplará aspectos de la estructura del cultivo como antecesor, fecha de siembra, densidad y nutrición y de protección como uso de herbicidas residuales y de contacto, control de insectos y enfermedades, etc.

En muchas regiones, la intensificación de la rotación (con algún cultivo de invierno de cosecha –arveja, colza, cebada o trigo- o con un cultivo de cobertura) aparece como una

opción muy atractiva para la inclusión del maíz de fecha tardía en general y para el control de malezas en particular. Solo por citar algunos ejemplos, en base a ensayos hechos por Matías Ermácora en la zona Norte de Buenos Aires del Movimiento CREA –campos de alto potencial para la producción de maíz-, la intensificación de la rotación con arveja como antecesor del maíz de fecha tardía se mostró como una posibilidad que permite mantener el lote cubierto hasta a siembra del cultivo de maíz –colaborando en el control de malezas con cobertura, en un mejor uso de los recursos y en la fijación nitrógeno- sin perder potencial de rendimiento en los ambientes más productivos y mejorando los rindes en los



*Figura 3: Probabilidad acumulada de rindes de maíz en fecha de siembra tardía en función del antecesor (barbecho químico o arveja) en la zona Norte de Buenos Aires de CREA*

ambientes de menor productividad (mayor estabilidad) (Figura 3).

En el otro extremo de rindes, hay ambientes de baja productividad en donde la intensificación aparece como una buena alternativa para poder incluir el cultivo de maíz en las rotaciones al dividir el costo del arrendamiento en dos cultivos (de lo contrario los costos altos y bajos rindes hacen inviable la inclusión del maíz en la rotación).

También hay ejemplos de cultivos de cobertura que permiten la fijación de nitrógeno previo a la siembra del cultivo (leguminosas) y que, alterando la fecha de secado o rolado, puede manejarse la extracción de agua.

En todos los casos citados, la intensificación permite mantener el lote cubierto hasta el momento de la siembra del cultivo de maíz de fecha tardía, disminuyendo la germinación de malezas y en muchos casos, cubriendo en parte el costo de los controles previos a la siembra (cuando esos costos son imputados al cultivo de cosecha).

Con la mirada puesta en el sistema, la intensificación plantea como principales desafíos el uso de agua y nutrientes y la complejidad de combinaciones de herbicidas residuales en el cultivo previo al maíz.

Sin embargo, en muchos casos no es posible pensar en la intensificación como la mejor alternativa para la rotación con maíz tardío.

En estas situaciones, volvemos al desafío de “pasar” la primavera con el lote limpio manteniendo herramientas de manejo de malezas para el control desde inmediatamente antes del nacimiento del cultivo de maíz hasta el cierre de surco.

La estrategia deberá incluir distintas prácticas que colaboren en mantener el lote sin presencia de malezas en la etapa de barbecho pero que al mismo tiempo no impliquen haber “usado” todas las herramientas de control antes de la siembra del cultivo (como ejemplo es importante no usar todos los herbicidas residuales durante el barbecho y que esto implique que luego no pueden utilizarse en la preemergencia o primeras etapas del cultivo por la restricción de acumulación o tener que repetir una estrategia con posibilidades de bajar la eficacia de la misma).

Si bien en la actualidad el control químico de malezas con herbicidas residuales está muy difundido y muestra buenos resultados, es muy importante comprender sus limitaciones y asumir la mayor complejidad para su correcto funcionamiento. En el uso de

este tipo de herbicidas uno debe conocer sus características de activación, incorporación, interacción con las propiedades físicas y químicas del suelo, forma de degradación, etc.

## Eventos para el control de plagas

En el caso del cultivo de maíz, la resistencia por cruzamientos y por biotecnología ofrece distintas alternativas para el control de insectos y malezas.

Una vez más es muy importante tener una mirada del cultivo dentro del sistema y entender el impacto de los insectos, las enfermedades y de las malezas para el cultivo de maíz tardío en cada región.

La elección de las tecnologías a utilizar deben surgir de la mejor combinación de genética para estabilidad y rendimiento, resistencia a enfermedades, resistencia a insectos

	GLIFOSATO	IMIDAZOLINONAS	GLIFOSINATO DE AMONIO	DIATRAEA SACCHARALIS	SPODOPTERA FRUGIPERDA	HELICOVERPA (ORUGA DE LA ESPIGA)
<b>TD Max</b>				●		
<b>TG Plus</b>	●					
<b>TD/TG</b>	●			●		
<b>MG</b>				●		
<b>RR</b>	●					
<b>MG RR</b>	●			●		
<b>HCL</b>		●				
<b>HCL MG</b>		●		●		
<b>CL + VT3P</b>		●		●	●	●
<b>Vip 2</b>				●	●	●
<b>Vip 3</b>	●			●	●	●
<b>TV3P</b>	●			●	●	
<b>Hx</b>			●	●	●	
<b>HX RR</b>	●		●	●	●	
<b>PW</b>	●		●	●	●	
<b>Leptra (Vip + HX + MG)</b>	●		●	●	●	●

Gráfico 4: Eventos disponibles en los híbridos comerciales de maíz en Argentina en 2016. Fuente elaboración propia en base a la información de las compañías.

A las tecnológicas para el control de malezas en pre y post emergencia (sintetizadas en el cuadro 3) hay que sumarle el desarrollo de productos para el control preemergente residual que pueden combinarse con cualquiera de los eventos de resistencia citados.

Como ya se dijo, muchas de las tecnologías presentadas en los últimos años están orientadas a mejorar el control previo al nacimiento y tener buena residualidad (en general agroquímicos del modo de acción HPPD, PPO, ALS – para uso en híbridos Imi- e Inhibidores de la mitosis, entre otros).

Como se observa, buena parte del desarrollo de estrategias para el control de malezas en maíz –sobre todo de siembra tardía - está orientado al control de gramíneas. Esto es razonable dada la tolerancia del maíz en buena parte de su ciclo a muchos herbicidas para el control de malezas de hoja ancha y a que las gramíneas –sobretudo estivales- constituyen el principal desafío de control de malezas en nuestros ambientes de producción en general y en el cultivo de maíz tardío en particular.

Algunas especies que aparecen como de difícil control en amplias zonas son: *Echinochloa* sp, *Chloris* sp, *Eleusine*, *Digitaria*, *Pappophorum*, *Sorgo de Alepo* y *Urochloa*, entre otras.

## Síntesis

El cultivo de maíz tardío, al igual que el resto de la agricultura Argentina, está afectado por el problema creciente de malezas tolerantes y resistentes.

Entender al cultivo como un componente del sistema y comprender las interacciones que existen entre los distintos factores es determinante.

Una vez definida la estructura del cultivo y la nutrición, el control de malezas, la sanidad y el control de insectos son los tres desafíos a resolver. En cada ambiente el peso relativo de estos desafíos puede variar. Priorizarlos correctamente es muy importante para el resultado del cultivo y definitorio a la hora de elegir el híbrido y los eventos asociados.

Una vez elegido el híbrido, la estrategia para el control de malezas debe contemplar el control en el periodo de barbecho la necesidad de mantener sin competencia al cultivo desde la siembra hasta que cierra el surco.

En el periodo previo a la siembra habrá situaciones en las que la intensificación de la rotación con un cultivo antecesor de cosecha o un cultivo de cobertura pueden ser la mejor alternativa para el control de malezas y/o para el negocio de la empresa. En estos casos gran parte de los desafíos pasarán por el uso eficiente de los recursos para lograr buena productividad y baja variabilidad de resultados.

En las situaciones en las que la mejor estrategia pase por mantener el lote limpio hasta la siembra deberemos definir la combinación de prácticas y herbicidas que nos ayuden a controlar las malezas y los nacimientos en el periodo de barbecho pero siempre teniendo en cuenta que la prioridad es el control de malezas desde la siembra hasta el cierre del surco.

Así, el desafío pasa por ir manteniendo los barbechos limpios pero guardando las mejores herramientas de control de malezas y nacimientos en el cultivo.

Finalmente, la agricultura de hoy cambio.

Como empresarios, técnicos, parte de equipos de trabajo, empresas de agroquímicos y de servicios, o desde el rol que nos ocupe, tenemos la responsabilidad y el desafío de comprender estos cambios y adaptarnos.

Los nuevos sistemas son más complejos y desafiantes. Además, la disponibilidad de herramientas cambia a lo largo del tiempo –aparecen algunas y pierden eficacia o quedan obsoletas otras- y la combinación de las mismas no siempre es sencilla.

Tendremos que dedicar más tiempo, trabajo, capacidades, recursos y esfuerzo para lograr buenos resultados. Pero también que habrá más posibilidad de agregar y capturar.

Tenemos la oportunidad de aprender y dar un nuevo salto en la producción de alimentos, vamos por buen camino.

# — Monitoreo de plantas en maíz tardío

## AUTORES

**Daniel Igarzábal**

---

Halcón Monitoreos  
Sinsacate – Córdoba.  
E: [digarzabal@halconmonitoreos.com.ar](mailto:digarzabal@halconmonitoreos.com.ar)



Dependiendo de la zona que se trate, los problemas de plagas en maíz que históricamente han merecido tratamientos químicos en Argentina, son básicamente cuatro: a) gusanos blancos b) orugas cortadoras c) chinche de los cuernos d) oruga cogollera. No se mencionan otras plagas secundarias ni la oruga de la espiga, donde los tratamientos no han mostrado efectividad.

En siembras tardías de maíz, por el desarrollo del ciclo biológico, dejan de tener importancia los gusanos blancos, que ya están en estado adulto, ni las orugas cortadoras que aparecen dañando el cultivo a fines de la primavera.

La chinche de los cuernos (*Dichelops furcatus*), dependiendo de las condiciones climáticas de cada año, mantienen su peligrosidad en siembras tardías, especialmente en primaveras secas.



La picadura de la chinche de los cuernos produce detención de crecimiento y

disturbios fisiológicos en el punto de alimentación. Cuando las plantas están recién emergiendo hay zonas alrededor del punto afectado que crecen normalmente. También empieza a acercarse a la altura del cuello o superficie del suelo el ápice de crecimiento interno de la gramínea, con lo que la afección es más evidente ya que allí hay células meristemáticas muy susceptibles. Esto causa un efecto de deformación de tejidos que se traduce en plantas arrosietadas, deformadas, con zonas rasgadas. Los daños que produce este hemíptero han sido bien evaluados por Flores y otros (2012) en etapas tempranas del cultivo, luego de la emergencia, y repercute en la expresión del rendimiento. Especialmente en el número de granos por espiga. Se observó que a mayor intensidad del daño, disminuyen: el diámetro del tallo, el número de granos por espiga, el peso de los granos y la altura de la planta. Algunas plantas pueden morir, pero las que sobreviven y continúan su desarrollo no lograron formar espigas.

El monitoreo de esta chinche es sumamente complicado. En primer lugar porque durante el día permanece oculta preferentemente bajo el rastrojo. Los momentos de mayor observación son, a primera hora de la mañana y antes de la puesta del sol. Pero según Gassen (2012), por cada adulto observado, al menos hay uno que no está visible.

La cuidadosa observación en las horas de mayor actividad y la remoción de rastrojo para descubrirlas bajo la paja son las acciones de monitoreo que pueden dar una idea de la mayor o menor población. Pero los umbrales propuestos en Brasil para una chinche similar (*Dichelops melacanthus*), de 1 chinche por metro cuadrado, si bien es orientativo, en la práctica es muy difícil de evaluar. (Chocorosqui, 2001).

El monitoreo de *Dichelops* debe ir más allá del lote, ya que siembras de trigo cercanas, o recién cosechadas, presentan gran cantidad de adultos en los bordes que se mueven hacia el maíz en emergencia.

Pero la plaga a monitorear por excelencia es *Spodoptera frugiperda*, el cogollero del maíz.

Durante muchos años el monitoreo estuvo ausente en maíz con el advenimiento

de los materiales genéticamente modificados que toleraban al cogollero. Distintas causas hicieron que los materiales pierdan la capacidad de tolerar la plaga en mayor o menor medida y según la zona que se trate. El fenómeno de la resistencia de las poblaciones de *Spodoptera frugiperda* obliga a monitorear cada lote en particular, ya que el comportamiento del insecto, su densidad, la fisiología de la planta y la latitud donde está el cultivo pueden dar resultados muy diferentes. Cuanto mayor es la densidad, mayor es proporcionalmente la cantidad de insectos tolerantes y por tanto mayor la cantidad de plantas afectadas.

### **Monitoreo de adultos.**

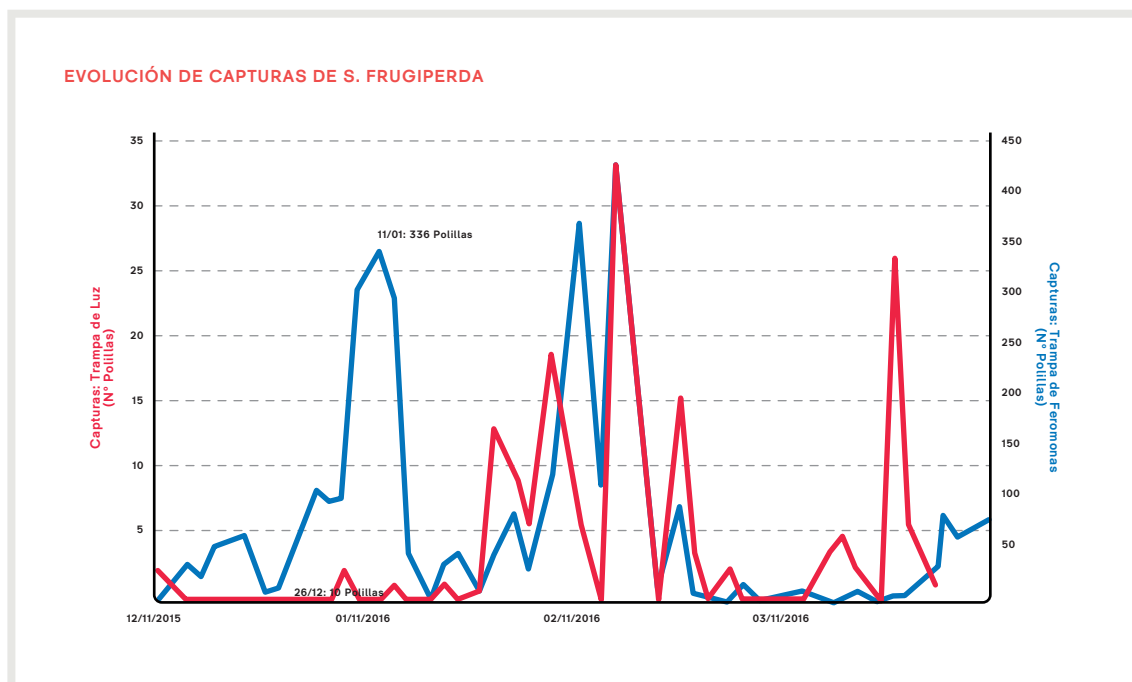
Es importante un monitoreo de población de adultos a fin de conocer la densidad relativa de esta especie en cada zona. Existen dos métodos para esta actividad: a) trampas de luz y b) trampas de feromonas.

Las trampas de luz, con la emisión de ondas usadas en Argentina, no predicen de



buena manera las poblaciones de *Spodoptera frugiperda*, sobre todo las infestaciones iniciales y en situaciones de baja infestación. (Sagadin y Gorla, 2002)

Las trampas de feromonas en cambio, a partir de emisores que atraen solo a los machos de esta especie, parece ser el método más idóneo para efectuar el monitoreo de adultos. Hay distintos modelos (trampas secas, húmedas o de pegamento). Lo importante es mantener siempre el mismo tipo de trampa para monitoreo ya que la eficiencia de captura es diferente. No obstante son mas eficientes que las trampas de luz y la lectura semanal acumulada de cada trampa indicará un aumento, estabilidad o decrecimiento relativo de la población. El hecho de no tener capturas en una semana facilita la tarea del monitreador, ya que la ausencia de adultos se condice con nula presencia en campo (Ramos Mata, 2014). Lo más importante para cada zona es construir una curva relativa de población para poder compararla en años sucesivos, acompañada por datos climáticos, especialmente de temperaturas y precipitaciones. No es el objetivo de esta etapa del monitoreo buscar umbrales de adultos para aplicar en campo, solo marca la tendencia





de la población que puede ser copiada por el insecto en el campo. Pero muchas veces un aumento en la población, no necesariamente se traduce en infestaciones de campo. Noches frescas y precipitaciones pueden restringir las oviposiciones sobre las plantas de maíz.

Si bien la tendencia de las curvas poblacionales son similares en trampas de luz y feromonas, estas últimas son mucho más simples de evaluar (solo es capturada la especie *S. frugiperda*) y de mantener, y como se ve en la curva muchas veces la de luz (línea roja) no es sensible a bajas poblaciones.

### Monitoreo de campo

#### a) Monitoreo de malezas.

Las malezas, especialmente Poaceas, son muy atractivas para el cogollero cuando aún no se ha sembrado el cultivo, o cuando recién está emergiendo. Detectar la presencia



de orugas en estas plantas es un alerta para el monitreador que deberá estar atento a la paulatina infestación del lote.

b) Monitoreo de desoves.

Los desoves, colocados en masa (o grupos de hasta 120-150 huevos) en las plantas de maíz, son indicadores de infestación próxima. Es una tarea muy difícil para monitreadores no entrenados. Son estructuras que la mayoría de las veces no dejan ver los huevos al estar cubiertos de pelos y escamas blanquecinas a grisáceas. El diámetro de las posturas puede variar entre 0,2 y 1 cm de promedio. De cada desove se estima, en base a observaciones de campo del autor, una colonización de entre 25 y 40 plantas alrededor. Estimar el número de oviposturas por hectárea dará una idea de la mayor o menor infestación en plantas, pero no exime del siguiente paso que es el monitoreo de daños en plantas, ya que cada material se puede comportar de distintas maneras. (Capinera, 2014)

c) Monitoreo de daños en plantas.

Ninguno de los monitoreos anteriormente citados son efectuados para decidir tratamientos, sino para el seguimiento y llegada oportuna del control en situaciones de campo. Con la sola excepción de una muy alta carga de orugas en malezas, aplicación de herbicidas y posible acción cortadora de las cogolleras sobre el maíz.

Para definir tratamientos se deben monitorear las plantas, observando el tipo de daño y la presencia de las larvas. Luego del desove, las larvas recién nacidas, muchas de hábitos caníbales, se dispersan en las plantas contiguas. La alimentación comienza con un área circular de consumo de parénquima foliar que respeta la epidermis del lado opuesto. En los materiales que tienen resistencia genética este área es mas pequeño que la cabeza de un alfiler, por lo que es poco detectable. De continuar la alimentación la lesión foliar, todavía respetando la epidermis del lado inferior se alarga. Es lo que vulgarmente se conoce como “ventanitas” y donde la larva aún no hace perforaciones de la lámina. (Casmuz y otros, 2010)

Las larvas que superan el tercer estadio ya perforan la lámina de la hoja. Lo





pueden hacer a lo largo, o bien a manera de galería en la hoja aún enrollada, por lo que al desplegarse se evidenciarán orificios muy prolijamente dispuestos. Luego la larva se dirige al cogollo consumiendo todas las hojas nuevas hasta destruirlo completamente. El daño económico, sobre una revisión de 53 trabajos publicados da un promedio de reducción del rendimiento comparando con plantas sin daño de casi 37%.(Igarzábal y otros, 2016)



MERMA DE RENDIMIENTO		
PROMEDIO SOBRE 53 PUBLICACIONES		
MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
30,46%	36,75%	43,04%
9,00%	-	100,00%

El monitoreo de plantas en campo debe ser sistemática. Debe entenderse que este tipo de monitoreo no es con la finalidad de una investigación científica sino para decidir



o no tratamientos. Por tanto el tiempo de recorrida del monitreador es el factor mas importante a tener en cuenta. Debe recorrer varios lotes en un mismo día y en cada uno consignar estimativamente el grado de infestación.

Un método que puede estimar correctamente la infestación es la de contar 100 plantas seguidas en una línea (estación de muestreo), repitiendo esta técnica en varios sitios del lote. Para entre 60 y 90 hectáreas se consideran un mínimo de 10 estaciones de muestreo (1000 plantas observadas). En cada estación de muestreo se inicia el conteo de las 100 plantas a partir de la primera con daños de cogollero.

La frecuencia del monitoreo debe ser cada 7 días. Esto es diferente a un muestreo semanal. Cuando se habla de muestreo semanal, la primera observación puede haberse efectuado un lunes, y a la semana siguiente un jueves. Han transcurrido 10 días. En muchas zonas, con las condiciones ambientales apropiadas, desde el daño en ventanita circular hasta el cogollo totalmente destruido transcurren 7 a 8 días. Por eso, en determinadas circunstancias el monitoreo debe efectuarse cada 4 días, basándose en datos de trampas de feromonas, desoves, altas temperaturas, entre otros factores.

Para definir tratamientos se han propuesto escalas, como la de Davis, con 9 grados de afección. Sin embargo estas escalas fueron hechas para otro tipo de actividades que no tienen que ver con el monitoreo frecuente para tomar decisiones. (Murúa y otros, 2013) Para este fin, bastará saber si la lesión es en “ventanitas” o ya hay perforación de lámina. Cuando esto último ocurre en un determinado % de plantas, se infiere que el material ha sido vencido en su tolerancia.

El IRAC Argentina (Comite de Acción contra la Resistencia de Plagas) ha definido los valores que deben tenerse en cuenta para tomar decisiones de control.

Cuando no se ha alcanzado el nivel de lámina perforada:

- Para maíces no Bt o refugios: 20% de plantas afectadas.

- Para maíces Bt: Cada semillero propone su tolerancia de acuerdo a la evaluación de sus materiales, variando entre 3 y 5% en promedio. Es decir, los umbrales son diferenciales

de acuerdo a cada material.

d) Monitoreo de controladores biológicos.

Los daños de la plaga pueden ser mitigados o retrasados por la presencia de distintos controladores biológicos como Dermapteros, Coloópteros Coccinelidos, parasitodes de huevos y larvas entre los mas importantes, por tanto juegan un papel importante en la toma de decisiones a la hora de efectuar un tratamiento químico. (Ashley, 1979)

### **Consideración final**

Una agricultura que quiere imponer buenas prácticas para el manejo sustentable de los sistemas cultivados, no puede evadir el Monitoreo. El monitoreo para la toma de decisiones a fin de efectuar tratamientos químicos compatibiliza el ambiente y la producción.

## Referencias

- Ashley, T.R. 1979. Classification and distribution of fall armyworm parasites. Florida Entomol. 62: 114-123.
- Capinera, J.L. 2014. Fallarmy warms: Spodoptera frugiperda. Introducción and distribution. Description and cycle-host plant damage-Natural enemies-Management Selected references-Entomology y Nematology FDACS/DP. University of Florida and USDA Publication Number: EENY-98.
- Casmuz, A.; M.L. Juárez; M.G. Socías; M.G. Murúa; M.G. Prieto; S. Medina; E. Willink y G. Gastaminza. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de La Sociedad Entomológica Argentina, 69(3-4), 209–231.
- Chocorosqui, V.R. – 2001 - Bioecología de Dichelops (Diceræus) melacanthus (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), danos e controle em soja, milho e trigo no norte do Paraná. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR
- Flores, F, G. Oliva e I. Liotta. - 2012 - Evaluación del Daño en Implantación de Dichelops furcatus (Fab.) en cultivo de maíz. Informe de actualización técnica. EEA Marcos Juárez. no. 24. –
- Igarzábal, D., R. Peralta, M.C Galvez y C. Aldrey – 2016 – Cogollero del maíz y otras especies del género Spodoptera – Ed MOHA S.A. –108pp. Córdoba.
- Murúa, M.G.; M.F. García Degano; M. Pereira; E. Pero; E. Willink y G. Gastaminza. 2013. Eficacia en campo del maíz Herculex® I para el control de Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Noroeste Argentino. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán, 90(1), 37–43.

— Ramos Mata, R. – 2014 - Monitoreo de gusano cogollero con trampas y feromonas - 2º Congreso Nacional de Alta Productividad de Maíz – México.

— Sagadin, M. y D. Gorla – 2002 - Eficiencia de captura de adultos de Lepidoptera plagas de maíz (*Zea mays*) y de soja (*Glycine max*) en trampas de luz de vapor de mercurio y de luz negra en la región central de la provincia de Córdoba (Argentina). *Ecología Austral* V12 N°2.

# — La biotecnología y sus cuidados son llaves para el maíz tardío

## AUTORES

**Jurema Rattes, Ing Agr, Dr.**

---

Prof Facultad de Agronomía  
UNI-RV Universidad de Rio Verde-Brasil  
Rattes Consult. Pesquisa Agronómica

La producción de maíz en Brasil ha llegado a 82 millones de Tn en la campaña 2015. A partir del 2012 la 2da safra, safriña o maíz tardío ha superado al maíz temprano o 1ª safra tanto en área sembrada como en producción total (Figuras 1 y 2). El área sembrada de maíz alcanzó en 2015-16, casi 16 millones de has, con 5,4 y 10,6 millones de has para 1era y 2da safra, respectivamente (Figura 2) La distribución geográfica de ambas safras se presenta en la Figura 3

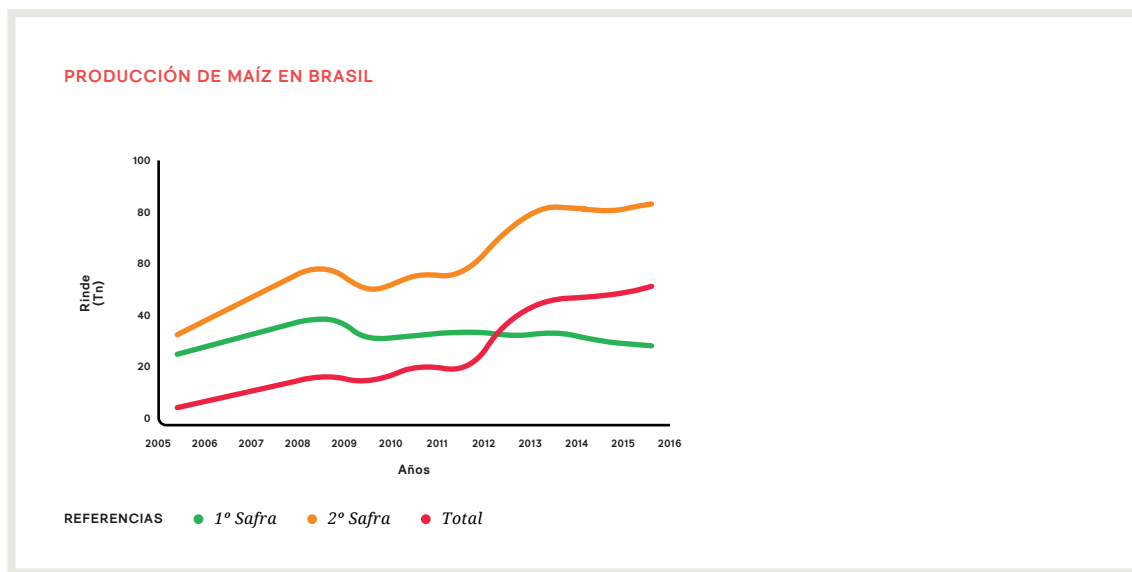


Figura 1: Producción de maíz en Brasil en siembra temprana y tardía (1era y 2da safra) durante el periodo 20015-2015

CAMPAÑA 2015 / 2016			
	AREA SEMBRADA (Millones Ha)	PRODUCCIÓN (Millones Tn)	PRODUCTIVIDAD (Kg Ha <sup>-1</sup> )
Maíz Total	15922,5	66979,5	4207
Maíz Siembra Temprana	5387,7	25853,6	4799
Maíz Siempre Tardía	10534,8	39549,9	4052

Figura 2: Area sembrada, producción y rendimiento de maíz en Brasil en fechas de implantación temprana y tardía (1era y 2da safra), campaña 2015-16

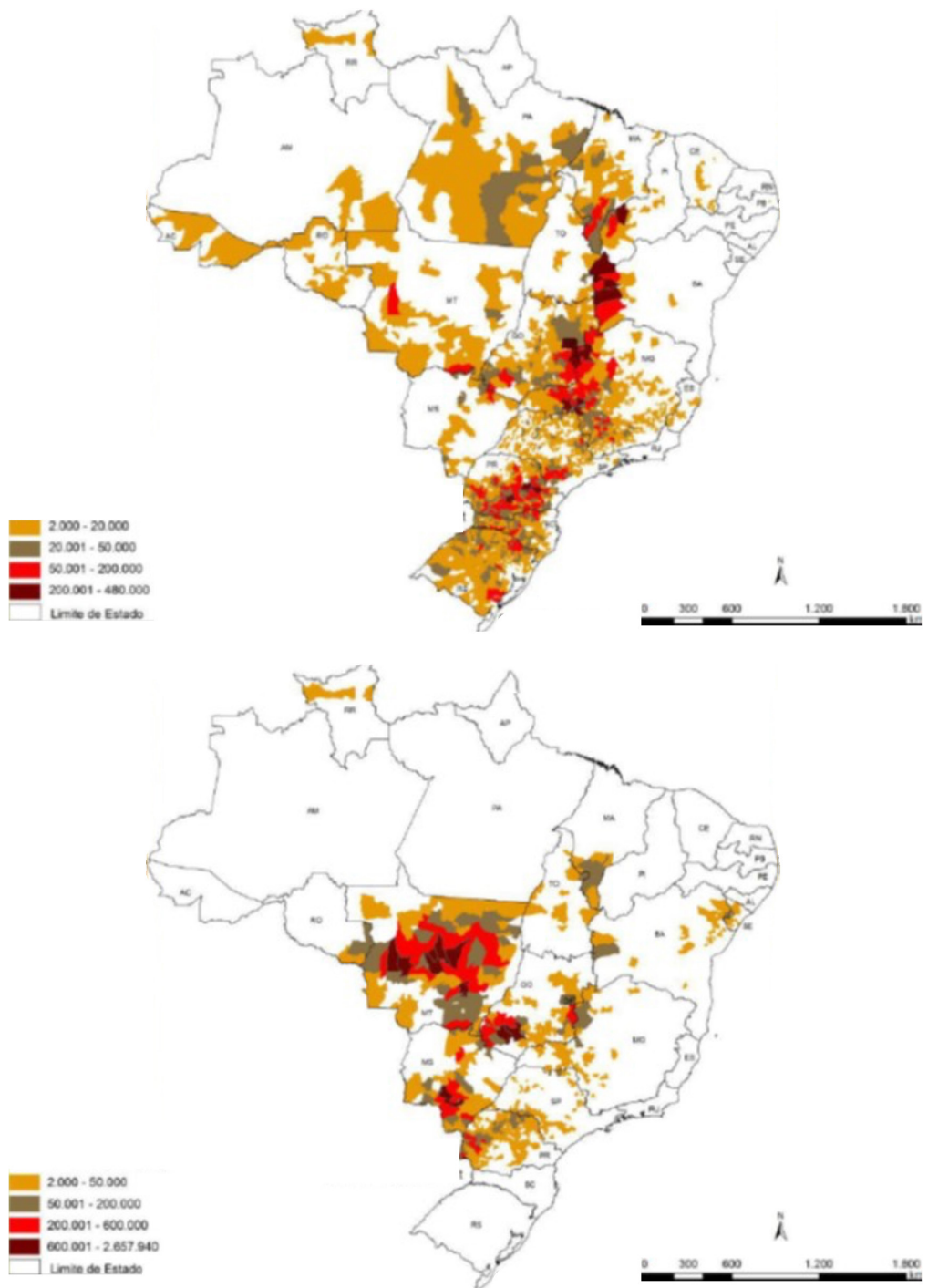


Figura 3.1 Y 3.2 .Producción de maíz en Brasil en siembras tempranas y tardías (safrá y safrinha) campaña 2015-16

El maíz en Brasil es de gran importancia económica, se emplean elevados niveles de tecnología y se alcanzan altos niveles de productividad. Presenta como principales limitantes al estrés hídrico, particularmente en 2da safra, y el daño de *Spodoptera frugiperda* que requiere de hasta 4 o 5 aplicaciones por pérdida de eficacia de los eventos BT más antiguos (Figura 4)



*Figura 4. Importancia económica del maíz en Brasil y sus principales limitantes*

En la Figura 5 se presentan los eventos OGM aprobados en Brasil para control de insectos y malezas en maíz. De ellos varios han perdido eficacia y otros han mostrado una reducción en la misma. Existen 6 proteínas insecticidas en los eventos BT solas o combinadas entre ellas (Figura 6)



BIOTECNOLOGIA EN MAÍZ BT Y BR, BRASIL				
NOMBRE	GENES	CARACTERÍSTICAS	SOLICITANTE	AÑO
Yield Gard	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a Insectos	Monsanto	2007
TL	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Syngenta	2007
Hercules	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Dow AgroSciences	2008
YR Yield Gard/RR2	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Monsanto	2009
TL/TG	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Zea Mays</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Syngenta	2009
HR Yield Gard/RR2	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Du Pont	2009
Viptera-MIR 162	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a Insectos	Syngenta	2009
Pro	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a Insectos	Monsanto	2009
TL TG Viptera	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Zea Mays</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Syngenta	2010
PRO2	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Monsanto	2010
Yield Gard VT	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Resistente a Insectos Tolerante a Herbicidas	Monsanto	2010

Figura 5. Eventos OGM de tolerancia a insectos y herbicidas aprobados para maíz en Brasil

EVENTOS BT EN MAÍZ UTILIZADOS EN BRASIL	
Maíz	Cry 1Ab Cry 1F Cry 1A.105/Cry 2Ab2 VIP3Aa 20 Cry 1Ab/VIP3Aa 20 Cry 1A.105/Cry 2Ab2/Cry 1F Cry 1A.105/Cry 1F Cry 1A.105/Cry 2Ab2/Cry3Bb1

Figura 6. Proteínas insecticidas y sus combinaciones presentes en maíces BT comercializados en Brasil

Ante la pregunta: Qué hacer para preservar los eventos BT en maíz en Argentina?, la primera recomendación es “ No hagan lo que hicieron los productores en Brasil” (Figuras 7 y 8)

QUE HACER PARA PRESERVAR LA BIOTECNOLOGÍA EN ARGENTINA?

**“No haga lo que los productores de maíz hicieron en Brasil”**

- Uso continuo de una única biotecnología
- Ausencia de refugio estructurado
- Falta de manejo de plantas “guachas” RR

*Figura 7. Prácticas realizadas en Brasil, no recomendadas para mantener eficacia de eventos BT en maíz*





Figura 8. Falta de manejo de plantas guachas de maíz RR y daños de *Spodoptera frugiperda* en maíces BT en Brasil

Las principales plagas del cultivo de maíz tardío en Brasil se detallan en la Figura 9.

#### PRINCIPALES PLAGAS DEL MAÍZ

- *Spodoptera frugiperda*
- *Diatraea sacharalis*
- Pulgones
- Chinchas (*Dichelops furcatus*, *D. melacanthus*)
- Chicharritas (*Dalbulus maydis*) vector corn stunt

#### PLAGAS DE SUELO

- *Elasmopalpus lignosellus*
- Larvas *Diabrotica speciosa*
- Gusanos blancos (*Diloboderus abderus*, *Phyllophaga* sp)

Figura 9. Principales plagas del cultivo de maíz tardío en Brasil



*Figura 10. Pérdida de eficacia de eventos BT para maíz en Brasil*

Entre ellas la principal es *Spodoptera frugiperda*. La pérdida de eficacia de los eventos BT para su control obliga a aplicar insecticidas durante 2 o 3 veces durante el ciclo del cultivo dependiendo del evento (Figura 10)

Las recomendaciones para mejorar la sustentabilidad de eventos BT en maíz y de manejo integrado de plagas son:

- 1.- Rotación de cultivos
- 2.- Uso de semilla de calidad
- 3.- Utilización de más de una proteína insecticida
- 4.- Implantación de refugios
- 5.- Tratamiento de semillas

El éxito del manejo de resistencia de insectos tiene como pilar el establecimiento de áreas de refugio estructurado, respetando las recomendaciones para su distribución y manejo (Figuras 11 y 12). El monitoreo del cultivo y del refugio es clave para el manejo adecuado de la plaga

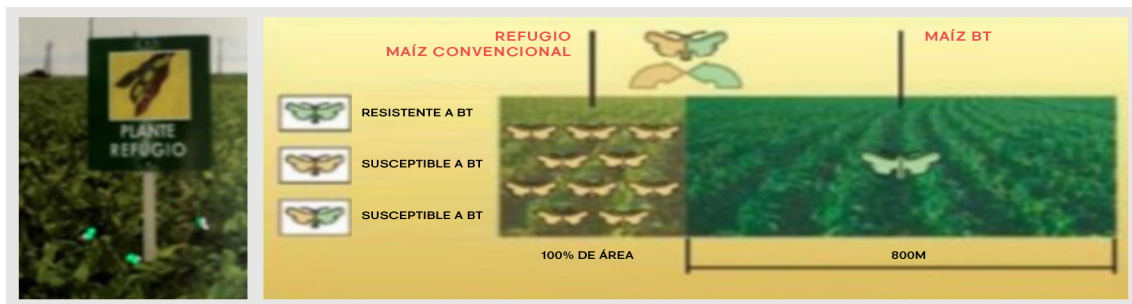


Figura 11. Importancia y recomendaciones de refugio para eventos BT en maíz en Brasil



Figura 12. Recomendaciones de distribución y manejo de refugio para eventos BT en maíz en Brasil

Tratamiento de semilla: Sus ventajas para el mantenimiento de la eficacia de eventos BT en maíz se detallan en la Figura 13





Figura 13. Tratamiento de semillas y sus ventajas para el mantenimiento de la eficacia de eventos BT en maíz

Fortenza Duo es uno de los productos recomendados para el control de plagas y mantenimiento de la eficacia de eventos BT en maíz. Los grupos químicos, nombre de los principios activos, modo de acción y tipo de traslocación en la planta se presentan en las Figuras 14, 15 y 16

<b>FORTENZA DUO</b>	
<b>DOS GRUPOS QUÍMICOS</b>	<b>NOMBRE TÉCNICO</b>
Diamida + Neonicotinoide	Cyantranilprole 48 g/l + Thiametoxam 62,6

Figura 14. Fortenza Duo: grupos químicos y nombre de los principios activos que lo componen

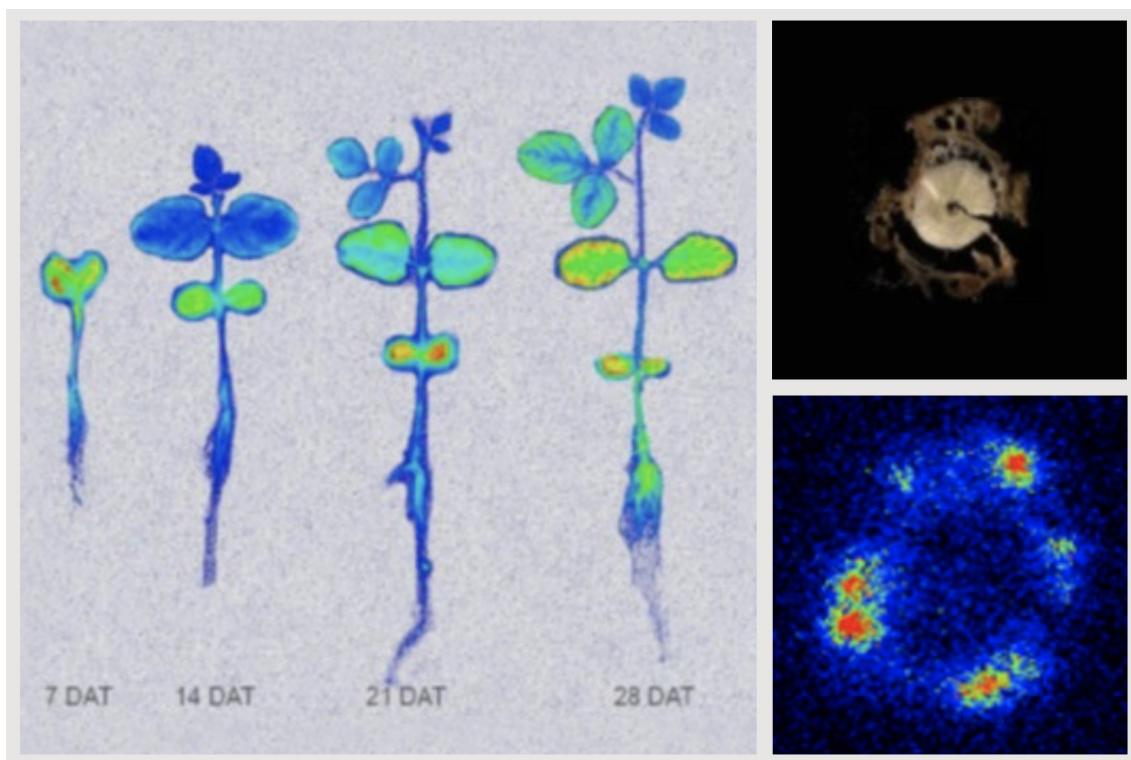
**FORTENZA DUO: MODO DE ACCIÓN****DIAMIDAS: Agonista de Receptores de Rionodina**

- Actúa sobre el sistema muscular de los insectos
- Interfiere los movimientos
- Paraliza la alimentación

**NEONICOTINOIDE: Agonista de Acetilcolina**

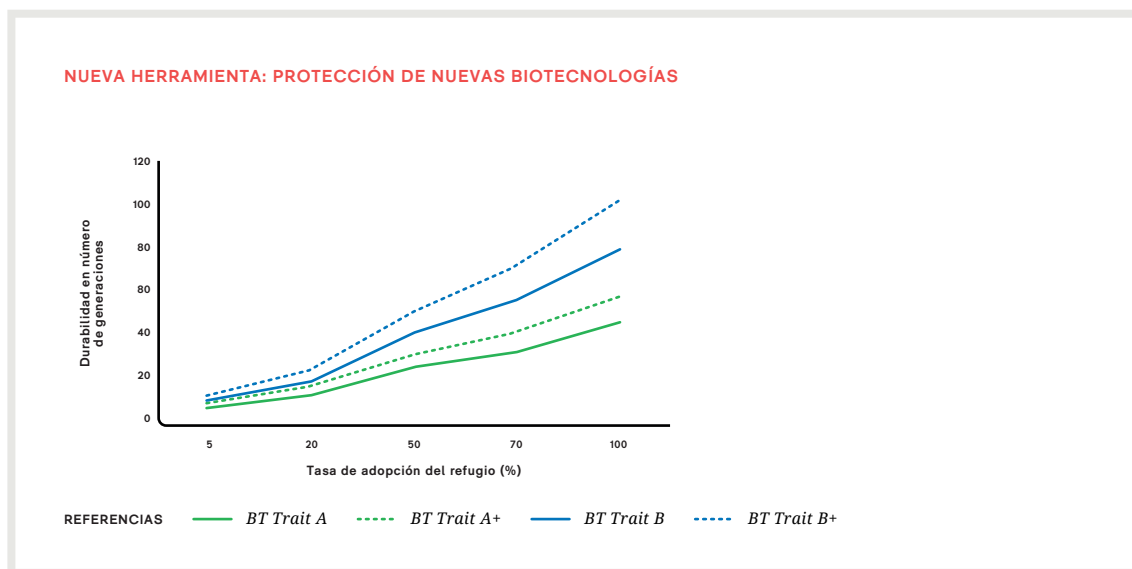
- Hiperexcitación, extenuación y muerte
- Excelente control de insectos chupadores

*Figura 15. Fortenza Duo: modo de acción de sus componentes*



*Figura 16. Fortenza Duo: Traslocación en la planta*

Fortenza Duo ha mostrado un excelente control de plagas de suelo y de parte aérea (lepidópteros, coleópteros y mosca blanca en etapas iniciales), logrando un mayor número de plantas establecidas, mayor productividad y protección de nuevos eventos Bt debido a que suma un nuevo modo de acción y controla individuos heterocigotas o resistentes a las proteínas insecticidas presentes en los eventos BT (Figura 17)



**Figura 17.** Durabilidad de eventos BT en maíz (número de generaciones) en función de la tasa de adopción de refugio para dos eventos BT con y sin Fortenza Duo

Como resumen, los beneficios de la adopción de Fortenza Duo en el tratamiento de semilla son:

- 1.- Dos modos de acción insecticida: Cyantraniliprole + Thiametoxan
- 2.- Largo efecto residual: protege ataque de plagas iniciales (orugas y chinches)
- 3.- Completa la dosis letal de orugas heterocigotas o resistentes
- 4.- Mejora el número de plantas establecidas
- 5.- Contribuye al mantenimiento de la eficacia de eventos BT en maíz



# — Aspectos más relevantes en protección de maíces tardíos

## AUTORES

**Eduardo Teyssandier**

---

Teyssa Seed Research  
E: eteyssa@gmail.com

El problema de malezas, plagas y enfermedades que enfrenta el cultivo tardío de maíz difiere sin lugar a dudas del que experimenta un cultivo de maíz en siembra temprana.

El ambiente pasa a ser la variable más importante para explicar esta diferencia y la consecuente brecha de rendimiento entre maíces de siembra temprana y tardía. Desde el punto de vista sanitario se destacó la importancia del incremento de tizón foliar por *Exserohilum turcicum* en las últimas campañas de maíz. A nuestro entender siembras tardías exponen a las plantas de maíz a un mayor salto térmico entre temperaturas diurnas y nocturnas facilitando así la condensación de agua en el cogollo, requisito necesario para que ocurra la infección nocturna de las esporas de este microorganismo, que luego ve facilitado su desarrollo por las altas temperaturas diurnas. Se concluyó sobre una mayor presencia de podredumbre de caña y vuelco en siembras tardías, debido a una exposición del periodo vegetativo de maíz a mejores condiciones de luz y temperatura pero al mismo tiempo sacrifica la planta su periodo crítico, lo que se traduce en menor cantidad de asimilados que podrán mantener vivas las células de la raíz y base del tallo cuando lo poco elaborado se trasloque a las espigas. Los microorganismos del suelo colonizaran fácilmente las raíces y base del tallo al verse estos tejidos imposibilitados de ofrecer resistencia por su estado senescente y serán así la consecuencia y no la causa de la podredumbre encontrada.

Se señaló una mayor presencia de enfermedades virosicas en gral en siembras tardías, con la peligrosidad que representa la aparición en las últimas campañas de 2 nuevas enfermedades limitantes como son CLN (Corn Letal Necrosis) y HPV (High Plain Virus). También se mencionó la mayor presencia de podredumbre de espigas en siembras tardías, que amen de afectar la calidad del grano involucra la consecuente peligrosidad potencial que encierran las micotoxinas producidas por especies de *Fusarium* fundamentalmente.

Referente a las enfermedades abióticas muchas suelen pesar más ocasionalmente en la pérdida de rendimiento en maíces tardíos que enfermedades bióticas, fundamentalmente por el alto % de plantas afectadas. Caso típico y en función de lo visto en las últimas

campañas es el Green Snap (GS) donde la mayor exposición a radiación solar y a temperaturas más altas, y en general la mayor disponibilidad de agua y N en siembras tardías, dan origen a plantas más altas, elevadas tasas de crecimiento y puntos débiles en la pared celular con la consecuente mayor predisposición a Green Snap. Un desafío interesante para un futuro cercano, según el Dr Sergio Uhart, sería:

- 1) Desarrollar un protocolo de reproducción seminatural de GS a campo homogeneizando los genotipos a evaluar para que estén expuestos a mismas condiciones
- 2) Sectorizar híbridos de acuerdo a su tolerancia a GS y al riesgo en cada región maicera
- 3) Definir la pérdida de rendimiento de acuerdo a combinaciones de momento de ocurrencia, lugar y porcentaje de quebrado y ambiente

En cuanto a presencia de plagas la siembra tardía expone al maíz a un pico poblacional elevado de insectos lepidópteros, destacándose el más difícil de controlar, que es el cogollero o *Spodoptera frugiperda*. Todo estaría indicando que no lo podemos controlar solamente con los recursos biotecnológicos (maíces Bt) sino que necesitamos complementar el control con el uso de insecticidas apropiados, en momento oportuno y basado en un monitoreo realizado por personal idóneo en tiempo y forma

# — ¿Cómo gestionar la toma de decisiones agronómicas?

## AUTORES

**Pablo A. Calviño**

---

Asesor y director técnico. AACREA.  
Consortios Regionales de Experimentación Agrícola.  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.  
E: calvinopablo@gmail.com

## Introducción

El aumento de la superficie de maíces tardíos fue notable en la última década (Angeli y Bonamico, 2016). Gran parte de ese aumento se debió a la mayor seguridad de producción de los maíces tardíos. En el año 2002, Oteguí y otros, encontraron que para las localidades de Pergamino, Rafaela y Marcos Juárez en siembras de todo el mes de diciembre el rendimiento no tendría importantes modificaciones. Pero que para llevar a aumentos de superficie importantes necesitaron cambios en la tecnología de las siembras tradías.

Después de varios años de analizar campañas agrícolas de grupos CREA y empresas de siembra, he llegado a la conclusión que los promedios indican muy poco. Sólo indica cual es el valor promedio. Inclusive es un grave error en determinadas situaciones trabajar con el total de los datos para analizar variables. A modo de ejemplo cuando uno analiza el efecto de la fecha de siembra se observa que en el rango de fecha óptima las modificaciones en la producción son pequeñas, pero a partir de una fecha los rendimientos disminuyen a una tasa más alta. Pero, en los mejores productores o gestores la caída no se registra, porque la siembra se cumple dentro del rango óptimo. Lo mismo sucede cuando se analiza el desvío standard de la distribución de semillas o en la sincronía de nacimientos de plantas. Otro punto destacable es que a su vez, los rendimientos de los mejores productores el rendimiento es mayor que en el promedio, para un mismo ambiente productivo. A estas diferencias, a partir de ahora las denomino diferencias en la gestión productiva.

En este capítulo voy a tratar de dar mi visión de algunos puntos importantes o claves en la gestión de maíz tardío.

## Discusión

En la gestión agronómica considero que hay tres etapas, aunque ninguna de ellas por si solas alcanza para lograr una excelente gestión.

1)Planificación: es la etapa de mayor peso en el éxito de la realización de un lote de

cultivo.

a. Comienza con la caracterización de los ambientes (edáficos y climáticos), de las necesidades del cultivo y de un claro conocimiento del contexto (intra y extra lote).

b. En una buena caracterización del ambiente, se debería conocer cual es la probabilidad de obtener determinados rindes, para diferentes manejos. De poco sirve conocer sólo cual es el rendimiento promedio. Sino se necesita conocer cual es la variabilidad posible, a que se debe esta y también saber de que manera se pueden atenuar esa variabilidad.

2) Ejecución: es la etapa en la que se realiza lo que se planificó. Es clave realizarla con excelencia (calidad y oportunidad) porque se puede poner en riesgo el éxito del año. En la calidad de esta hay diferencias importantes entre los productores de punta y los promedio.

3) Control de gestión y reacción: Según mi experiencia esta etapa es la que más caracteriza a los buenos productores. Y está dada por su capacidad adaptativa y de reacción. Es clave entender que en cada día a lo largo de un cultivo comienza una nueva etapa, y es fundamental no quedar atado a lo planificado, ya que es imposible haber planificado para las variables exactamente como se dan en cada año (por desconocimiento de lo que va a suceder).

Cada vez que se tiene que tomar decisiones de manejo hay variables externas a lo productivo que influyen en cómo se toman decisiones. a modo de ejemplo: la situación financiera, los precios esperados y la seguridad de poder capturarlos y aunque parezca mentira, el estado de ánimo.

También influyen variables muy relacionadas a lo productivo como lo son situación hídrica del lote y pronóstico de precipitaciones, la provisión de nutrientes, la historia de malezas, etc.

La capacidad de gestión de cada productor y historia en este sentido muchas veces permite tenerse confianza en que sus expectativas son diferentes a las medias. Y sobre todo los pisos de rendimientos mas altos.

Con este contexto, se deben tomar decisiones de manejo productivo. A modo de ejemplo: organización de los equipos de siembra, pulverización y fertilización, período de siembra, elección de híbrido, estrategias y manejo de malezas, enfermedades y plagas, estrategias y manejo de fertilización, densidad buscada, y otras. Estas son las que habitualmente se analizan cuando se realiza la planificación. Pero en realidad sólo son una parte muy pequeña de lo que debería tenerse en cuenta en la planificación.

### Algunas variables particulares de la planificación de maíces tardíos

En el camino de poder lograr buenas gestiones de cultivo, hay variables que son fundamentales en los maíces tardíos y que habitualmente no se consideraban en maíces tempranos. Pocos productores conocen cuantos días tienen sembrables en la fecha óptima de las siembras tardías. Hay diferencias muy notorias entre zonas. Y es clave conocerlas para poder planificar la capacidad necesaria de siembra para no salir de la fecha óptima. En la Figura 1, con errores propios de realizar ecuaciones predictivas pero que indican claramente diferencias entre zonas, se evidencia que las localidades de Cordoba analizadas tienen mayor cantidad de días posibles de siembra que Pergamino o Anguil.

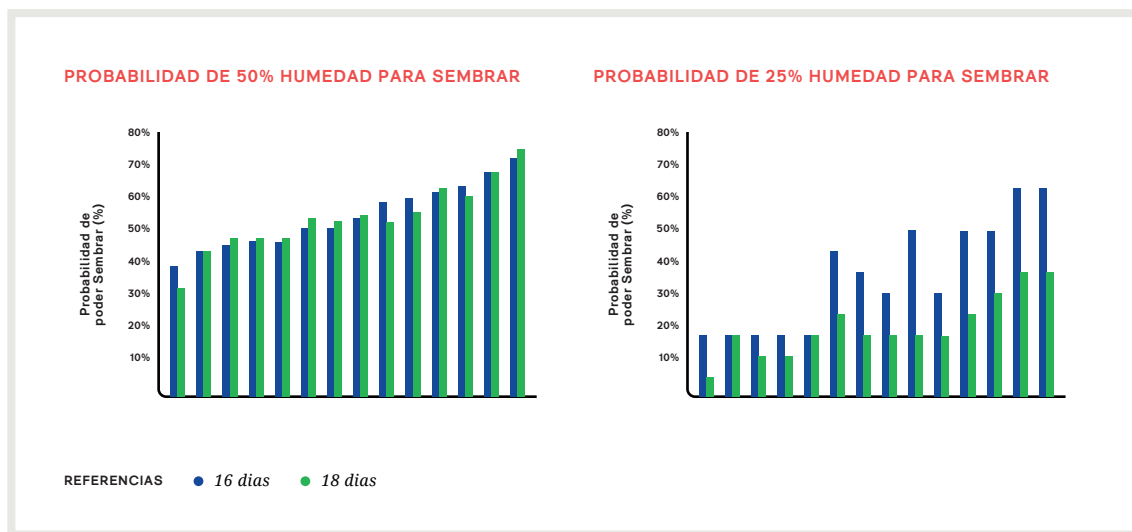
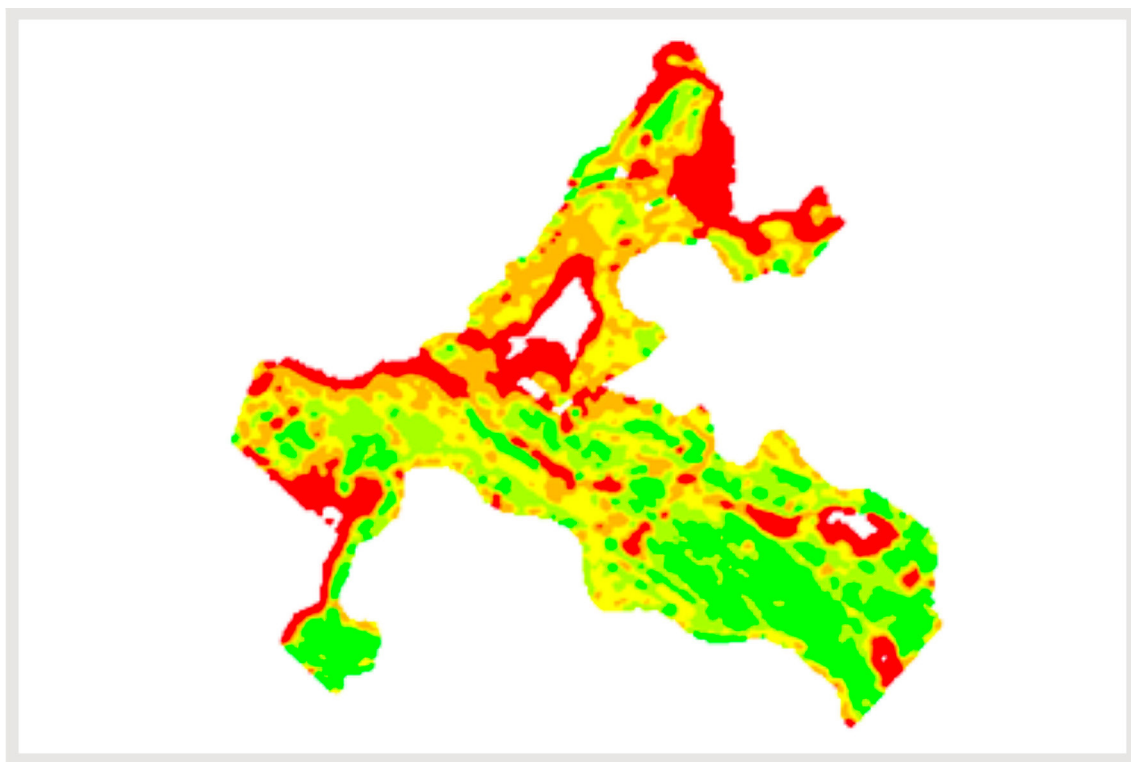


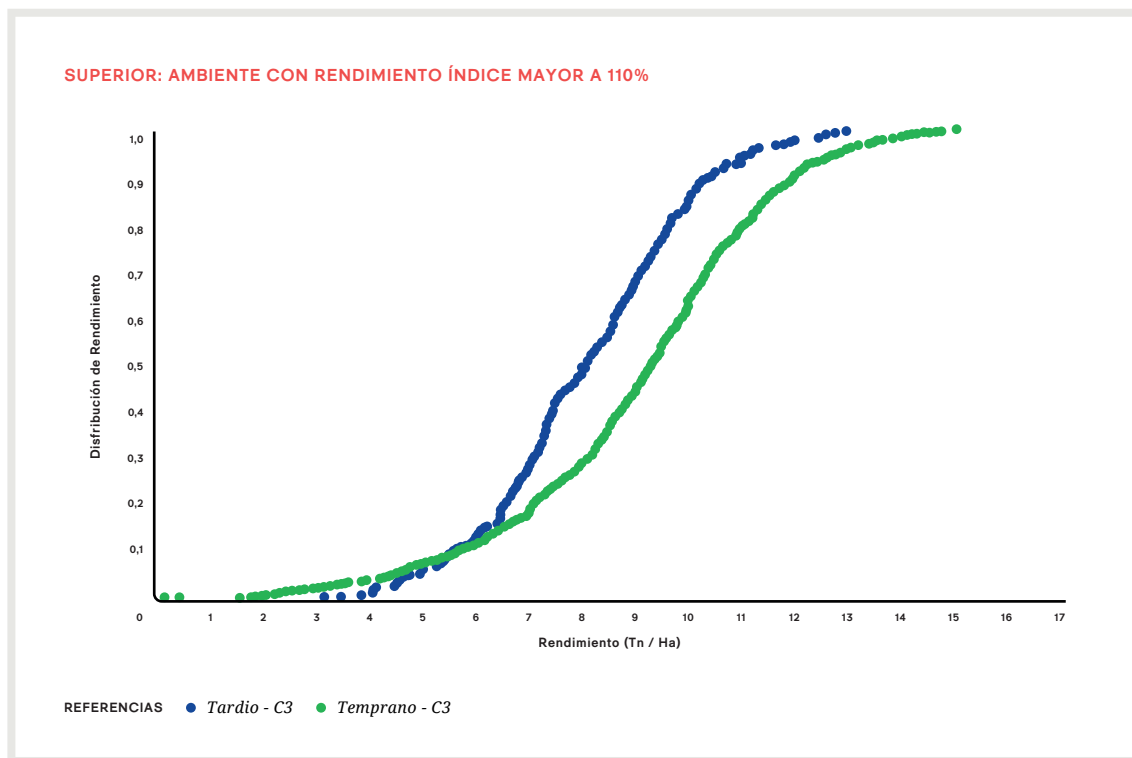
Figura 1: Probabilidad de tener humedad para sembrar en fecha óptima los maíces tardíos en distintas regiones de Argentina. A y B muestran los valores con 50% y 25% de probabilidad, respectivamente. (extraído de Calviño y Monzón, 2014).

Siguiendo en el camino de mostrar ejemplos, en general se conoce que dentro de los lotes hay variabilidad, pero no siempre con el detalle necesario. A modo de ejemplo, es conocida que la presencia de la napa freática a profundidades óptimas puede ser una fuente de agua para lograr la estabilidad de los rendimientos o puede tornarse un agente de estrés provocando anegamiento y anoxia si está muy superficial (Nosetto et al., 2009). En la Figura 2 se muestra un mapa de rendimientos en un lote de Tandil, con presencia de napa a menos de 2 m de profundidad (en el año mostrado). Esta información es insuficiente, ya que se evidencia que es necesario conocer la distribución de la profundidad de esa napa (de agua de buena calidad) en los distintos sectores de los lotes. Hay sectores con rendimientos esperados de menos de 6000 y otros de 11000 kg ha<sup>-1</sup>. Esto a pesar que el lote ya fue separado del sector que no tenía napa a esa profundidad. Manejar todo ese lote como una unidad es un manejo muy mejorable. Hay otras variables de altísima influencia en el rendimiento que es necesario conocer la distribución en los lotes (aún los ya ambien-



*Figura 2: Lote de maíz ya ambientado por topografía, textura, presencia de napa freática (buena calidad) a menos de 2 m de profundidad (Fte: establecimiento San Lorenzo)*

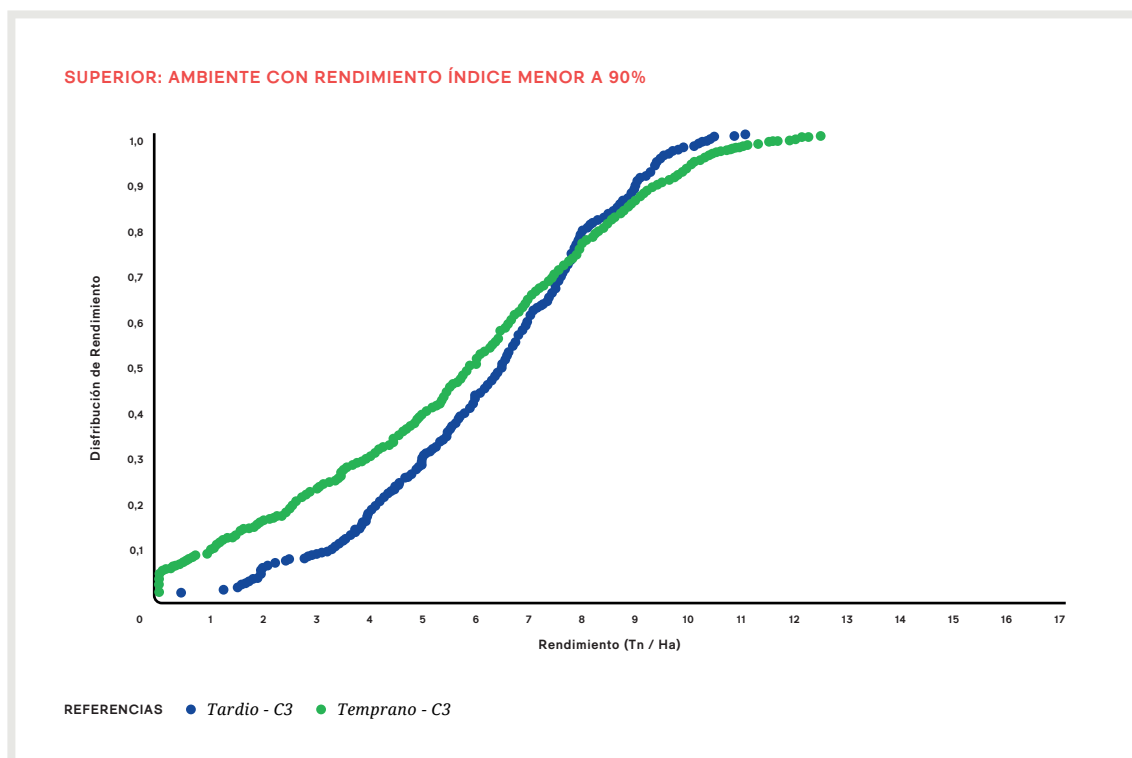




tados) como son la profundidad de impedimentos, la proporción de arena, la estabilidad estructural y materia orgánica (especialmente en suelos erosionados o desmontados).

Es bastante generalizada la idea que las siembras tardías de maíz permiten levantar los pisos de rinde pero no llegan a los rendimientos altos de las siembras tempranas. En la Figura 3 se muestra para la campaña 2015/16 de los grupos CREA de la zona Centro (Córdoba) en los ambientes inferiores en el 75 % de los casos los maíces tardíos tuvieron rendimientos más altos y en los ambientes superiores sólo en el 15%. La figura parecería mostrar esto. Esta es una tendencia que se repite en análisis de otros grupos/empresas.

Lo que también se debe evaluar y tener claro es: ¿son los mismos lotes o ambientes?. O ¿en las siembras tempranas se deciden eligiendo los lotes de excelente aptitud, con perfil cargado, pocas malezas difíciles etc?. Uno debe tener claro que si fuera así, no son los mismos lotes y el análisis se podría seguir complementándolo. En general cuando se evalúan situaciones similares para algunas regiones los rendimientos alcanzables no difieren demasiado para lotes bien manejados de siembras tardías y tempranas. En la Tabla 1, se ob-



*Figura 3 A y B: Maíz temprano y tardío. Frecuencia de rendimientos en ambientes superiores (a) e inferiores (b). Campaña 2015/16. Grupos CREA zona centro. (Angeli y Bonamico, 2016)*

serva para Laboulaye y Pehuajo que los rendimientos alcanzables de siembras tempranas y tardías no son muy diferentes cuando el suelo tiene buena provisión de agua al inicio del cultivo.

En la Tabla 1 a su vez, se observa la importancia de utilizar la información de pronosticadores de tendencias de precipitaciones como la información que brinda el efecto del ENSO. Tanto para Pehuajó como para Laboulaye se evidencia que cuando el suelo tiene escasa agua almacenada conviene esperar que el suelo almacene agua y sembrar tarde. Cuando el año es Niña para ambos sitios conviene sembrar tarde. Y para años Niño en Pehuajo convienen las siembras tempranas y en Laboulaye las tardías con poca humedad en el suelo, y si la humedad es buena no hay diferencias importantes.

Otros puntos importantes para una planificación adecuada de los maíces tardíos

			FECHA DE SIEMBRA	
LOCALIDAD	AGUA A LA SIEMBRA (%)	ENSO	TEMPRANO	TARDÍO
Laboulaye	30	<i>El Niño</i>	11861	13013
		<i>La Niña</i>	8093	8344
		<i>Neutral</i>	10145	8664
	60	<i>El Niño</i>	13916	14330
		<i>La Niña</i>	11024	12083
		<i>Neutral</i>	12494	14892
	100	<i>El Niño</i>	14748	14904
		<i>La Niña</i>	12371	15033
		<i>Neutral</i>	13702	14892
Laboulaye	30	<i>El Niño</i>	13566	11002
		<i>La Niña</i>	7006	10267
		<i>Neutral</i>	11095	10032
	60	<i>El Niño</i>	14405	13243
		<i>La Niña</i>	9592	14284
		<i>Neutral</i>	13651	12284
	100	<i>El Niño</i>	14771	13850
		<i>La Niña</i>	11533	15834
		<i>Neutral</i>	14517	14292

*Tabla 1: Simulaciones de la influencia en los rendimientos de Laboulaye y de peguajó del contenido de agua del suelo a la siembra, del pronóstico del ENSO para maíces tempranos y tardíos. (Monzón J.P. Comunicación personal).*

son: i) Influencia sobre el siguiente cultivo: si bien la calidad y cantidad de información sobre el efecto sobre el cultivo siguiente es muchísimo menor que sobre maíces tempranos. Hoy ya se conoce que el aumento de rendimiento de la soja posterior a maíz es menor sobre maíz tardío que sobre tempranos. También aumenta la dificultad en el manejo de determinadas malezas. ii) -Fertilización, estrategias y manejo. Es muy diferente (ver capítulo específico), principalmente porque en general los maíces tardíos presentan contenidos más altos de N a la siembra y la mineralización durante el cultivo es mayor generalmente. Y el riesgo de pérdidas es mayor. El período de aplicación es menor.; iii) difieren significativamente el manejo que se debe realizar en las estrategias y manejo de malezas, plagas y enfermedades (ver capítulos específicos); iv) la elección del híbrido además de lo habitualmente tenido en cuenta en tempranos, rendimiento en fechas tardías, fortaleza de

la caña, la velocidad de secado de granos, la sanidad de las enfermedades de tardíos, el comportamiento a las plagas y su agresividad, la plasticidad de los híbridos a producir con menores densidades (este punto hasta hoy no hay similitud de idea entre las experimentaciones de los productores y de los semilleros).

## Referencias

- Angeli, A., Bonamico, M.P., 2016. Estado actual y evolución: ¿Qué aprendimos en las últimas campañas?. JAT Agrícola Cañada Seca. CREA zona centro. (<http://www.creazona-centro.com.ar/JATAGRICOLA2016/default.aspx>).
- Calviño, P., Monzon, J.P., 2014. Días posibles de siembra tardía de maíz en diferentes regiones agrícolas de argentina. Actas del X congreso nacional de maíz. AIANBA
- Nosetto, M.D., Jobbágy, E.G., Jackson, R.B., Sznaider, G., 2009. Reciprocal influence between crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas. *Field Crops Research*. 113, 138–148.
- Otegui, M.E., Mercau, J. L. y F. Menendez. 2002. Estrategias de manejo para el cultivo de maíz tardío y de segunda. En Guía Dekalb para el cultivo de maíz.

# — Gestión de decisiones económicas y de mercado: Enfoque en área núcleo (zona Sudeste Córdoba)

## AUTORES

**Martín Sánchez**

---

MAS Consultoría y Gestión Agropecuaria, Okandu S.A.  
E: msanchez@masagroconsultores.com.ar

## Introducción

Al analizar el Maíz Tardío tanto en lo productivo como en lo económico, surge claramente, que estamos en presencia de un cultivo diferente, que nos obliga a pensar de otra forma al momento de plantearlo, distinto a como se decide en un Maíz Temprano, y también a como se piensan otros cultivos.

Una vez analizados minuciosamente los diferentes aspectos del cultivo de Maíz Tardío resta la tarea de englobar todos los conceptos a los fines de conseguir uno de los grandes objetivos que las empresas se plantean: hacer un negocio.

Es importante preguntarse entonces ¿Qué variables son más importantes en la definición del resultado económico con el cultivo de Maíz de Diciembre? ¿Qué gestión podemos hacer de ellas?

El hecho de reconocerlas en primer lugar es un primer paso importante para poder dimensionar las posibilidades de gestionarlas.

## VARIABLES DEL NEGOCIO

De forma sintética se pueden agrupar en 2 tipos de variables según impacten sobre el ingreso por hectárea o sobre el ingreso por tonelada. Es importante esta diferenciación para comprender de mejor manera el peso relativo de cada una.

### *1. Variables que inciden en el ingreso por hectárea:*

–**Ambientación:** Importante paso previo para aprovechar la oferta ambiental del año en cada situación y para planificar de forma eficiente la tecnología a utilizar. Se tiende a ubicar el cultivo de maíz tardío en ambientes de mayor riesgo productivo por poder sortear el período de estrés hídrico de enero; y el maíz temprano en los ambientes de menor riesgo productivo.

-Tecnologías a utilizar: Comprende una serie de decisiones que impactan fuertemente en la productividad del cultivo (fecha de siembra; elección de híbridos, densidad de siembra, oferta de nutrientes, control de malezas, plagas y enfermedades).

-Impacto en el sistema de producción: Hay muchas referencias sobre el impacto de los cultivos gramíneas en la expresión de rindes de cultivos sucesores por la mejora que se produce en el ambiente de producción. En lotes con mejor antecedente de rotación hay mayor probabilidad de obtener más productividad.

2. *Variables que inciden en el ingreso por tonelada* (al ser un cultivo de alta producción, las variables que impactan sobre el ingreso o costo por tonelada son altamente sensibles al negocio):

-Captura de precios: un factor de gran impacto en el resultado, potenciado por la alta volatilidad de los mercados que genera brechas muy altas, las cuales pueden explicar diferencias de resultado muy grandes.

-Logística: el costo de acondicionar (secar) el grano, flete a puerto, y embolsar en los casos que se requiera, representan una variable de alto impacto en el negocio.

-Comercialización: el canal de comercialización también es de gran importancia en la definición del negocio, no solo por el costo que implica, sino por lo que implica en términos de cumplimiento en tiempo y forma de los contratos, y el consecuente costo que ello pudiere implicar.

-Financiación: para el maíz tardío es una variable de gran peso por ser el cultivo que más tiempo tarda en generar ingresos, teniendo un período de recupero mayor a 12 meses.

## **Importancia de una buena planificación**

El resultado económico es la expresión de todas las variables que están en juego, lo que marca la importancia del abordaje conjunto de todas ellas. La obtención de un buen resultado económico depende en gran medida de la capacidad que tengan las empresas de

contemplar de manera exitosa todas las variables en forma conjunta. Cuando las empresas integran en sus órganos de toma de decisión a los responsables de las diferentes áreas y las decisiones se toman en equipo aumenta la probabilidad de tener mejor resultado.

De este modo se puede afirmar que un primer paso necesario para obtener un buen

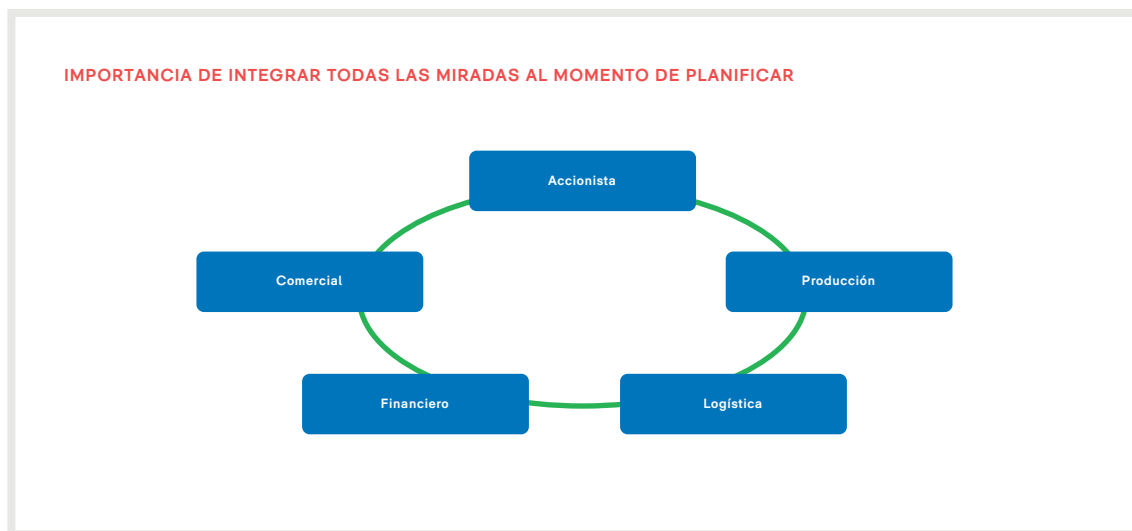


Figura 1: Importancia de integrar todas las miradas al momento de planificar.

resultado económico es tener una ajustada planificación con el aporte de todas las partes intervinientes en el proceso productivo y comercial.

## La limitante de la infraestructura

En el sudeste de Córdoba, como en otras regiones del país, se han registrado numerosas dificultades de infraestructura, como consecuencia de los excesos hídricos de los últimos años sumado a la falta de inversión en red de caminos rurales, rutas provinciales y nacionales, entre otros.

Resulta evidente que para plantear el objetivo de incrementar la producción a nivel



país es necesario una fuerte inversión en infraestructura que permita llevar adelante la comercialización y logística de toda la producción.

Es muy difícil gestionar semejante aumento de producción con la misma infraestructura (camino, plantas de almacenaje) de tiempos anteriores en los que había menor volumen de mercadería.

Esto es más marcado en el caso de cultivos como maíz que, por ser de alto volumen de producción por unidad de superficie, tiene mayor impacto de estos sobrecostos por frágil infraestructura, expresado en mayor costo de flete (más kilómetros de traslado por utilizar caminos alternativos); costos de acondicionamiento extra (por tener que cosechar en forma anticipada por riesgo de falta de caminos); costos de embolsado (por no tener caminos por donde salir); etc.

Las posibilidades de desarrollo del cultivo dependen en gran medida de que se pueda reducir el costo de logística en general del grano.

En línea con esta reflexión se rescata la opinión especializada de Julio Calzada, Director de Información y Estudios Económicos de la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR), en una entrevista al portal Agrofory News, en la cual menciona que “la producción de soja puede llegar a estar arriba de las 60 millones de toneladas y la de maíz podría aumentar en 5 o 6 millones de toneladas respecto del año pasado (alcanzaría las 32 o 33 millones de toneladas), y toda esa mercadería bajando en la época de cosecha va a plantear un interrogante bastante importante”. En pocas palabras, si sólo analizamos el próximo ciclo y nos detenemos a mirar el corto plazo, el sistema logístico por lo menos, se vuelve un desafío.

### **Costo de Comercialización (variable de mayor impacto en Maíz Tardío)**

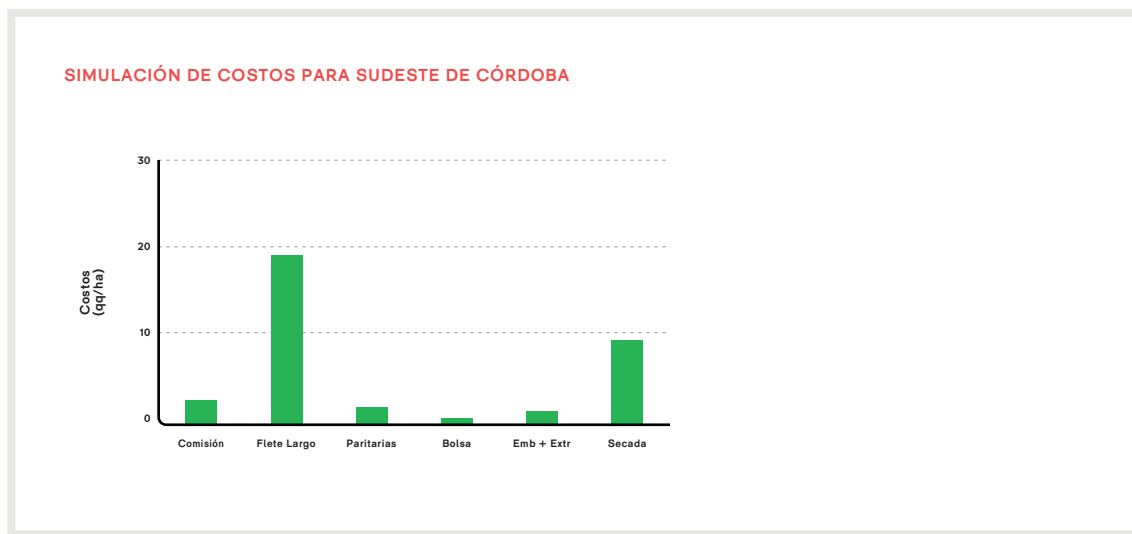
Mientras se gestiona el cultivo, todos los costos son atribuibles a “la hectárea”, para lo cual el cultivo de maíz tiene una gran habilidad para diluirlos dada su alta producción. Pero luego de cosechado todos los costos pasan a ser “por tonelada” y por ser un cultivo de alta producción encuentra en estos conceptos uno de sus principales límites a la rent-

abilidad.

Los rubros comprendidos en este ítem llamado costos de comercialización son:

- Bolsa (insumo + labor de embolsado y extracción de cereal)
- Paritaria (gastos de entrega)
- Acondicionamiento (secada)
- Flete corto y largo
- Comisión por venta

El rubro flete es el de mayor impacto, y se profundiza a medida que aumenta la dis-



*Figura 2: Simulación de costos para Sudeste de Córdoba (expresados en qq/ha). Rinde 110 qq/ha, Precio Maíz 145 U\$/tn, flete 25 U\$/tn, 18,5% humedad, 30% bolsa, Alquiler 375 U\$/ha*

tancia a puerto. En el sudeste de Córdoba tomando 200 km de distancia y un maíz de 110 qq /ha el impacto de flete equivale a 19,3 qq/ha, lo cual representa un 17,5% del ingreso. En casos de mayor distancia como por ejemplo en el norte del país con distancias mayores a 1.000 km este valor puede llegar a incrementarse hasta un 35%, condicionando seriamente las posibilidades de realización del cultivo.

El costo de acondicionamiento (secada) varía según la humedad de cosecha y se torna importante en la medida que se conjuga alta producción con alta humedad. Justamente el maíz tardío es un cultivo que hace su proceso de secado natural en planta en una época del año en el que hay menor demanda atmosférica, por lo que es muy lento el proceso de secado. Esto lleva a que en muchas situaciones se tenga que cosechar con humedad, por lo que el cultivo incurre en un costo elevado justamente el “último día”. En la simulación de costos para el Sudeste de Córdoba en un maíz de 110 qq/ha que se cosecha con 18,5% de humedad (4 puntos de secada), se debería pagar 9,4 qq/ha lo cual representa un 8,5% del ingreso.

El costo embolsado representa un adicional importante, equivalente al 6,5% del ingreso.

El resto de los costos relacionados a la entrega de la mercadería (paritarias y comisión por venta) tienen menor impacto

.Surge del análisis de las diferentes variables que el costo de secada es aquel en el cual se puede producir una sustancial mejora para potenciar el negocio.

¿Qué aspectos del manejo del cultivo pueden colaborar a reducir la humedad de cosecha?

-Fecha de siembra: en determinados ambientes con menor riesgo climático (por ej. con influencia positiva de napa) se puede adelantar la siembra sin incrementar de manera significativa el riesgo productivo. Pero en ambientes de más riesgo, el adelanto en la fecha de siembra implica ubicar el período crítico del cultivo en un momento mayor probabilidad de estrés (mediados-fin de Enero)

-Fecha de cosecha: demorar la fecha de cosecha esperando que baje la humedad de grano puede representar mayor riesgo de vuelco (normalmente en Agosto se registran los vientos más fuertes). Además el retraso en la fecha de cosecha puede representar en la mayoría de los casos pérdida de valor por baja de precios (ver “captura de precios”)

-Densidad: cuando los cultivos detectan estrés en forma temprana responden elongando su ciclo, a diferencia de lo que hacen cuando el estrés se da en etapas tardías,

donde acortan el ciclo. Un cultivo más denso tiene más plantas por metro lineal lo cual puede generar algún grado de competencia entre plantas por estar más próximas. Cuando esto ocurre los cultivos más densos hacen más largas sus etapas de desarrollo por haber censado cierto estrés en etapas tempranas. De esta forma se observa que los cultivos de menor stand de plantas hacen más rápido su ciclo respecto de los cultivos con mayor densidad poblacional. Por tal motivo es que los cultivos con menor densidad pueden completar en menos tiempo su ciclo, motivo por el cual se puede esperar que sean cosechados con menos humedad a misma fecha que un cultivo más denso.

-Híbrido (ciclo y velocidad de secado): sin dudas que es la variable de mayor impacto y de más fácil implementación, en el caso que hubiera buena oferta de materiales mas precoces. Dado que el mejoramiento de maíz que llevan adelante las empresas semilleras, se hace en condiciones de maíz temprano, sucede que no hay en el mercado oferta suficiente de materiales que mantengan su potencial de rinde acortando ciclo. La necesidad de contar con híbridos mejor adaptados a siembra tardía representa la principal demanda de los productores a la industria semillera, ya que es altamente probable que con materiales mejor adaptados se podría plantear seriamente en el crecimiento del área



Figura 3: Diferentes Márgenes Netos obtenidos en Sudeste de Córdoba variando precio. Rinde 110 qq/ha, flete 25 U\$/tn, 18,5% humedad, alquiler 375 U\$/ha.

sembrada.

## Captura de precios (una habilidad empresarial que explica grandes diferencias)

La diferencia entre resultados económicos entre diferentes empresas es explicado en gran medida por la variable precio.

De forma gráfica se simula el resultado obtenidos con diferentes precios de venta para un modelo de producción de Maíz Tardío del Sudeste de Córdoba.

Como ejemplo se menciona que en la campaña pasada 2015/16 se registraron precios de venta entre 150 U\$/tn y 190 U\$/tn lo que representa una variación del Margen Neto entre 61 U\$/ha y 476 U\$/ha.

Resulta evidente que un bueno manejo de esta variable permite acceder a resultados que seguramente alentarán la siembra de este cultivo.

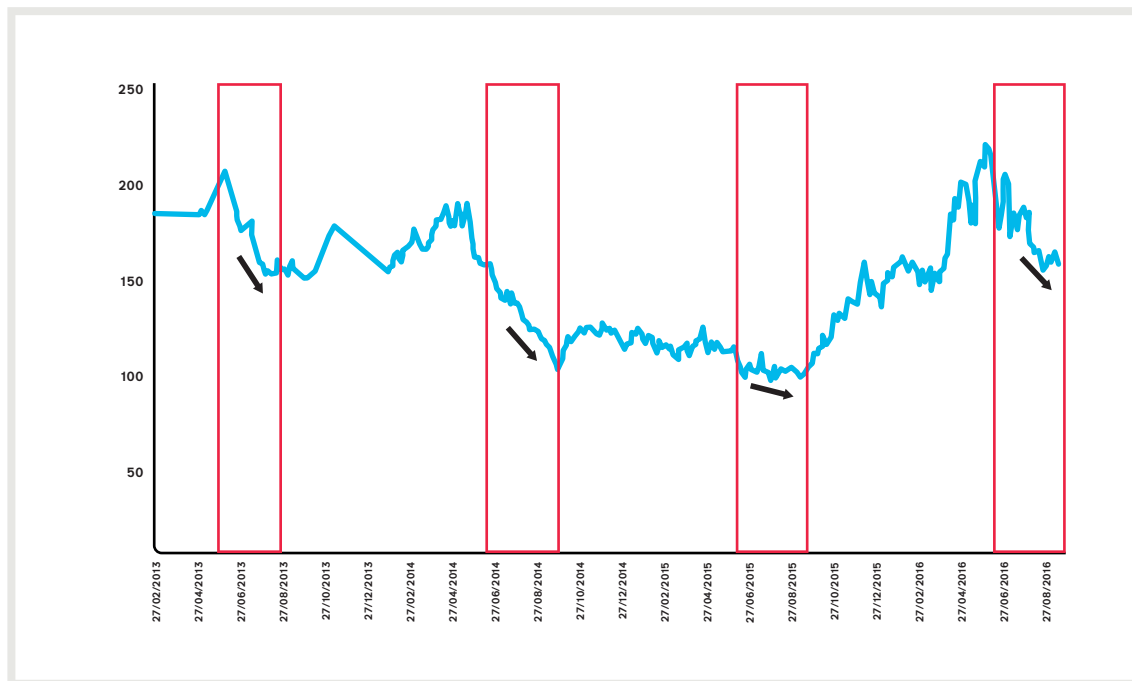


Figura 4: Precios disponible maíz en dólares Bolsa de Comercio Rosario. Campañas 2012/13 a 2015/16.

Del análisis del comportamiento de los precios a lo largo del año surge la evidencia que en los últimos años el mercado disponible ha mantenido un patrón de comportamiento por el cual a partir de mediado de año desciende de forma marcada, explicado por el creciente volumen de maíz tardío argentino y mayormente por la producción de grandes volúmenes de maíz brasilero (zafirina).

Se observa una importante diferencia con lo que ocurre con el precio del Maíz de siembra temprana, en el que se han registrado subas importantes luego de cosecha, relacionado a cuestiones logísticas principalmente. Esto marca la importancia de señalar la diferencia entre ambos cultivos, al punto de considerarlos como cultivos distintos, para poder comprender que requiere otro manejo, no solo agronómico, sino también comercial.

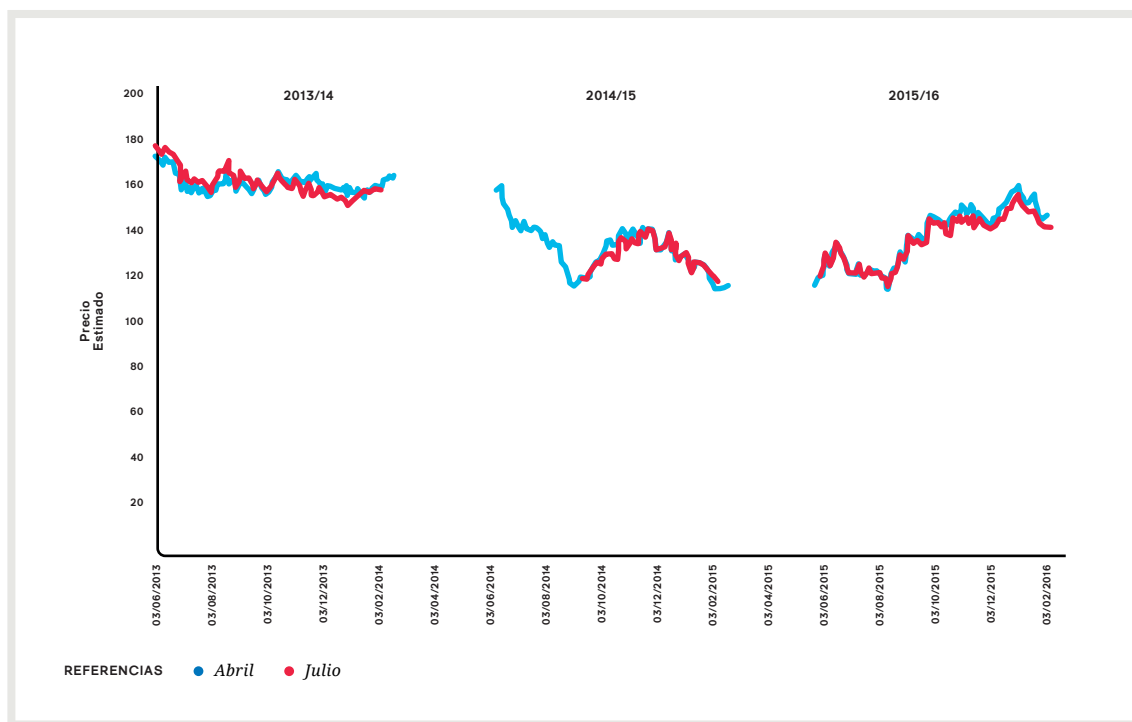


Figura 5: Precio maíz futuro MATBA posición Abril y posición Julio período 01/06 a 01/03, campañas 2013/14 a 2015/16.

Por dicho patrón de comportamiento del mercado físico de mercadería resulta evidente que la estrategia de fijación de precios no debe surgir de la especulación con retención de mercadería, sino por el contrario, de la toma de precios por anticipado utilizando mercado de futuros y opciones.

A diferencia de lo que ocurre con el mercado disponible, en el que hay un comportamiento diferente entre el maíz cosecha abril respecto del maíz cosecha julio, en el mercado de futuros se observa un comportamiento más homogéneo entre la posición “Abril” y la “Julio”, con diferencias del orden de los 5 U\$/tn a favor de la posición Abril, copiando ambas posiciones los movimientos de suba y baja del año (volatilidad).

Otra diferencia que se puede observar es el momento del año en el que comienza a operar cada posición, dándose en algunos años la aparición más tardía de la posición Julio (por ej. campaña 2014/15), lo cual puede condicionar un poco más la toma de coberturas para Maíz tardío.

Del análisis comparado entre el comportamiento del mercado físico (disponible) y el mercado de futuro surge con fuerza la conclusión que el negocio Maíz Tardío depende en gran medida de poder tomar posición fuerte en el mercado de futuros, siendo ésta una característica diferencial a cualquier otro cultivo (maíz temprano, soja o trigo).

Este cultivo desafía a las empresas de producción a mejorar su faceta comercial, incrementando el profesionalismo con el que se toman las decisiones.

### **Tecnología de producción (la decisión que apunta a producción)**

De modo simplificado se define el negocio como la correcta combinación entre Rinde, Precio y Costos, según el siguiente esquema:

$$\text{Negocio} = (\text{Rinde} \times \text{Precio}) - \text{Costos}$$

Si bien la tecnología a utilizar es una variable del costo de producción tiene directa

implicancia en el rinde, por lo cual se analiza como una decisión estratégica que apunta a captar de la mejor manera la oferta ambiental, es decir, el rinde potencial de cada ambiente de producción.

“Los cultivos de maíz en siembras tardías han alcanzado amplia difusión en nuestro país. Uno de los aspectos relevantes del desarrollo de este sistema de cultivo es haber permitido una rotación de cultivos en ambientes frágiles, de menor potencial, anteriormente dominado por cultivos de bajo volumen de rastrojo (soja o girasol), con escasa participación de especies gramíneas. De este modo, este sistema de cultivo permitió una alternancia de especies en el tiempo y en el espacio con implicancias positivas para el ambiente y la empresa agropecuaria, particularmente aquellas que son mixtas agrícola-ganaderas. Sin embargo, consolidar y profundizar el éxito logrado hasta el momento requiere integrar los nuevos conceptos y tecnologías al manejo agronómico eficaz y eficiente de estos cultivos” (Emilio Satorre; Claves del manejo agronómico del Maíz tardío: Oportunidades para crecer y consolidar el sistema de cultivo)

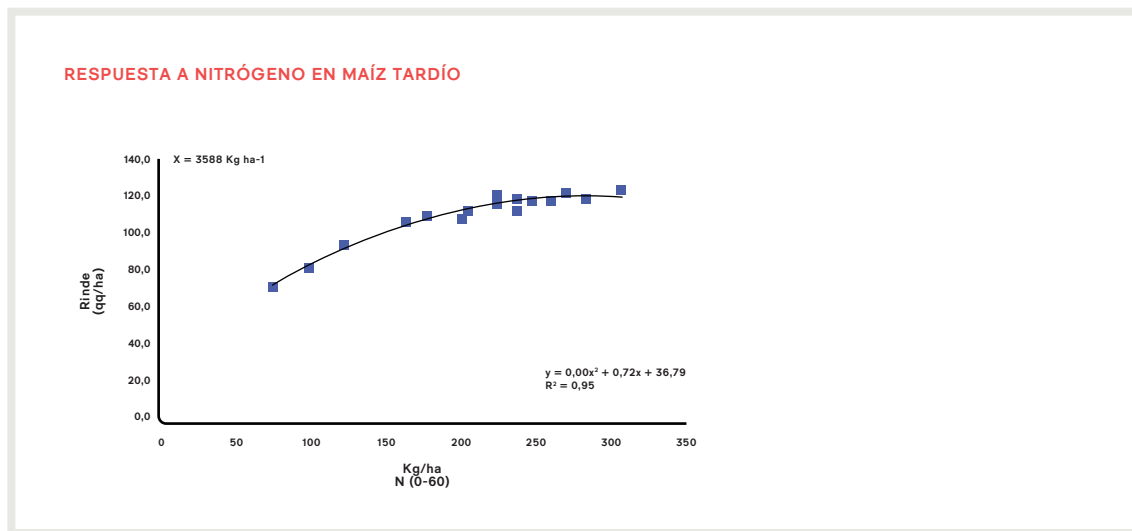
Las principales decisiones que se toman en el cultivo de maíz para alcanzar la mejor expresión de rinde acorde a cada ambiente son:

**Elección de híbrido:** Al momento, entre los híbridos utilizados en siembras tempranas se han ido seleccionando aquellos que se adaptaban mejor al ambiente del sistema de cultivo tardío (Emilio Satorre; Claves del manejo agronómico del Maíz tardío: Oportunidades para crecer y consolidar el sistema de cultivo). De esto surge la imperiosa necesidad de que la industria semillera trabaje en el desarrollo de materiales que se adapten a este cultivo. Las principales características que debe poseer el híbrido para Maíz Tardío son potencial y estabilidad de rinde, velocidad de secado, fortaleza de caña, y sanidad (principalmente buen comportamiento a Tizón [*Exserohilum turcicum*]), a diferencia de lo que se requiere para Maíz Temprano en que no es tan importante la velocidad de secado y es más importante el comportamiento a Roya [*Puccinia sorghi*].

**Densidad poblacional:** Al igual que en Maíz Temprano, el correcto ajuste de la den-



sidad poblacional del cultivo de Maíz Tardío es fundamental para poder captar la oferta ambiental en cada caso. Es clave conocer el comportamiento de cada material respecto de esta variable de manejo con el fin de optimizar el rendimiento de cada ambiente.



*Figura 6: Respuesta a Nitrógeno en Maíz Tardío. Sitio Alejo Ledesma (campañas 2013/14 a 2015/16). Ambientes medios (sin napa).*

Fertilización: “De todos los nutrientes que intervienen en la decisión de nutrición del cultivo (Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Zinc), es el nitrógeno (N) el nutriente que se utiliza con mayor frecuencia al momento de fertilizar el cultivo. La principal causa del uso frecuente de este nutriente es la relación positiva costo/beneficio al fertilizar con N producto de la elevada respuesta productiva que presenta el cultivo” (Salvagiotti et al., 2001). La experiencia realizada en campos del Sudeste de Córdoba en los últimos 3 años (2013/14 a 2015/16) indica que al igual que lo que ocurre en Maíz tradicional, el cultivo de Maíz Tardío tiene alta respuesta al Nitrógeno ofrecido a la siembra, pudiendo alcanzar la misma expresión de rinde que se obtiene en maíces de siembra temprana. Si se observa la ganancia de rinde que se obtiene con el agregado de Nitrógeno se puede concluir que es la decisión de mayor impacto por lo que se debe priorizar el manejo de este nutriente al momento de elaborar la estrategia de producción.

Protección de cultivos: La principal plaga que amenaza el cultivo es el gusano

cogollero [*Spodoptera frugiperda* Smith], por la capacidad de daño y por la dificultad de control con tratamientos insecticidas sumado a la necesidad de detección temprana de la plaga vía monitoreo para lo cual la ventana de tiempo es acotada. Contar con eventos transgénicos con protección parcial sobre plagas es fundamental para el desarrollo del cultivo y probablemente haya sido un factor importante para lograr la estabilidad de rindes reconocida en el cultivo (la mayoría de los planteos se hacen con algún evento de resistencia a insectos). En las últimas campañas se han registrado en diferentes zonas, problemas de pérdida de resistencia a diferentes eventos transgénicos, lo cual representa una amenaza al cultivo, que requerirá aumentar los esfuerzos en monitoreo y aplicación de insecticidas, para evitar sufrir mermas de rendimientos por plagas. Respecto de manejo de enfermedades es fundamental contar con materiales genéticos de buen perfil sanitario, a lo que hay que sumarle el correcto manejo en lo que respecta a la tecnología del control químico. Hay muchas evidencias de la respuesta positiva a la intervención oportuna con fungicidas apoyado en el monitoreo semanal de enfermedades. También hay evidencias del efecto indirecto que ésta práctica en la fortaleza de caña, fundamental para el período final del cultivo en el que permanece en pie mientras se produce el secado natural del grano en planta. Por último en lo que respecta a control de malezas cabe mencionar que en los últimos años se ha incrementado la problemática de malezas de difícil control con herbicidas tradicionales, por lo que se ha replanteado la estrategia general y la de maíz en particular. Es importante atender estos cambios sucedidos para mantener el potencial productivo de los lotes en el tiempo. Una práctica que se ha adoptado es la de tratamientos en cierre de entresurcos de maíz (similar a lo que se hace en soja) con productos residuales para extender el período de control de nuevos nacimientos. Otra práctica de alto impacto es la incorporación de cultivos de cobertura en invierno (gramíneas, leguminosas, o consociaciones) como antecesor del cultivo de cosecha de verano, logrando reducir las capas de nacimiento, por efecto de reducción de temperatura en los primeros cm de suelo, viéndose reflejado en el menor número de aplicaciones tanto en el año en el que se implanta la cobertura como en el año siguiente. El cultivo de Maíz tardío es el que mejor se adapta a esta técnica por ser el de siembra más tardía permitiendo de esta manera tener un período de barbecho previo a la siembra más prolongado.

Se puede sintetizar que lo más importante al momento de definir la tecnología del cultivo es:

Elección de híbrido: tendiente a captar oferta ambiental (rinde); reducir costos (humedad de grano) y reducir riesgos (fortaleza de caña y sanidad en general)

Nutrición nitrogenada: para aumentar el rinde del cultivo, siendo la práctica de mayor impacto en la generación de rinde (hasta un 50% del rinde se explica por oferta de Nitrógeno).

Elegir el evento transgénico: principal estrategia para el manejo de plagas, lo que ayuda a dar estabilidad al rinde y defenderlo de su principal amenaza.

Proteger al cultivo de las principales enfermedades mediante la aplicación oportuna de fungicidas.

### **Alternativa Maíz 2°**

En el último tiempo se ha acrecentado la experiencia de Maíz Tardío sobre cultivos de invierno de cobertura o bien sobre cultivos de cosecha (trigo, cebada, ó legumbres).

Es importante desarrollar el conocimiento en estas prácticas ya que aparecen como positivas.

El caso de Maíz 2° sobre cultivo de cosecha es una buena alternativa en ambientes de producción de alto potencial, donde la influencia positiva de napa freática garantice la provisión de agua para ambos cultivos reduciendo la probabilidad de estrés en período crítico. En estos ambientes se han obtenido muy buenos rindes permitiendo acceder a muy buenos resultados económicos, además de los beneficios visibles en el control de malezas y el mayor consumo de agua (importante en estos ambientes).

Diferente es el caso del Maíz sobre cultivos de cobertura, ya que el único ingreso

depende del cultivo de verano, por lo que se piensa como una alternativa para ambientes medios donde sea riesgoso plantear doble cultivo. En estos ambientes, el cultivo de Maíz 2° iniciaría su ciclo con perfil seco y dependería enteramente de la lluvia de verano (ambientes sin napa), por tal motivo es que se plantea sobre un cultivo de cobertura que pueda ser quemado 45 a 60 días previo a la siembra, permitiendo la acumulación de agua en el perfil. En estos casos se observa que la principal ventaja es el control de malezas (mencionado en “protección de cultivos”), pero también se espera que haya impacto positivo en el ambiente de producción por generación de biomasa y recirculación de nutrientes. Debido a que es una práctica en la que es más difícil medir su rentabilidad (se sabe el sobre costo que implica el cultivo de cobertura pero se desconoce el aporte económico que generan sus beneficios), será fundamental estudiar el impacto positivo tanto sea en la reducción de costos por control de malezas como en la mejora del ambiente de producción, a los fines de poder difundir esta modalidad de cultivo.

## Conclusiones

- El Maíz Diciembre es una gran oportunidad para desarrollar el cultivo en ambientes medios donde el cultivo en fecha temprana tiene mayor riesgo productivo, permitiendo de esta manera la rotación de cultivos en ambientes donde históricamente fue más difícil de realizar.

- El aumento de la producción nacional es una posibilidad cierta y en gran medida depende del aumento de área de maíz, para lo cual el nicho del maíz tardío es fundamental por no estar enteramente aprovechado. La mayor limitante que enfrenta este objetivo de mayor producción es la falta de infraestructura tanto de caminos rurales como rutas provinciales y nacionales, como también la capacidad de acondicionamiento y almacenaje de mercadería, y la debida oferta de medios de transporte tanto camiones como medios alternativos (trenes y barcazas) fundamentales para la producción que se emplaza a grandes distancias de los puertos. También será necesario fomentar el consumo local para transformación de materia prima (consumo animal y transformación en energía)

- Al momento de analizarlo como negocio la principal cuestión a resolver es reducir

el costo de secada bajando la humedad de grano a cosecha, para lo cual será fundamental el aporte de híbridos adaptados a siembras tardías (menor ciclo y/o mayor velocidad de secado en planta)

- Desde el punto de vista comercial el grano de maíz cosechado en los meses de julio, agosto y septiembre está expuesto a una dinámica de mercado particular y diferente al resto de los granos, lo cual exige un manejo más profesional de coberturas en el mercado de futuros para no perder rentabilidad una vez que se cosecha.

- En lo que respecta a la tecnología del cultivo, se destacan los principales desafíos para el cultivo, como son el disponer de híbridos mejor adaptados (menor humedad a cosecha y mayor sanidad integral) de modo de poder bajar costos; ajustar el manejo de Nitrógeno en cada ambiente para maximizar rindes; y mantener la tecnología de resistencia a plagas como recurso fundamental para defender el rinde de sus principales amenazas.

- Será necesario trabajar en forma conjunta para desarrollar todos los aspectos de manejo del cultivo, de modo de poder ajustar mejor las variables que ayuden a consolidar el negocio de Maíz tardío, incluyendo las opciones de Maíz 2° y Maíz sobre cobertura que asoman como opciones interesantes.

## Referencias

- Coyos, T., Borrás, L. Gambín B.L. 2014. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de maíz tardío en la zona núcleo. Revista AAPRESID Maíz Tardío.
- Maddonni, G.A., Ruiz, R.A., Villariño, P., Garcia de Salomon, I. 2003. Fertilización en los cultivos para grano. En: Producción de granos: bases funcionales para su manejo, Eds.: Satorre et al., Editorial FAUBA.
- Satorre, E. Claves del manejo agronómico del Maíz tardío: Oportunidades para crecer y consolidar el sistema de cultivo.

- Salvagiotti, F., Castellarín, J. M., Ferraguti, F. J., Pedrol, H. M. 2011. Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región pampeana norte.
- Salvagiotti, F., Pedrol, H., Castellarin, J., Capurro, J., Felizia, J. C., Gargicevich, A. Trentino, N. 2002. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz. 1. Relación entre la respuesta en rendimiento y la disponibilidad de nitrógeno a la siembra para mejorar la producción. *Ciencia del Suelo* 29:199-212.
- Calzada, J. Director de Información y Estudios Económicos de la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR), en una entrevista al portal Agrofy News.

# — Como gestionar las decisiones económicas y de mercado en la Región Oeste Arenoso

## AUTORES

**G.A. Duarte**

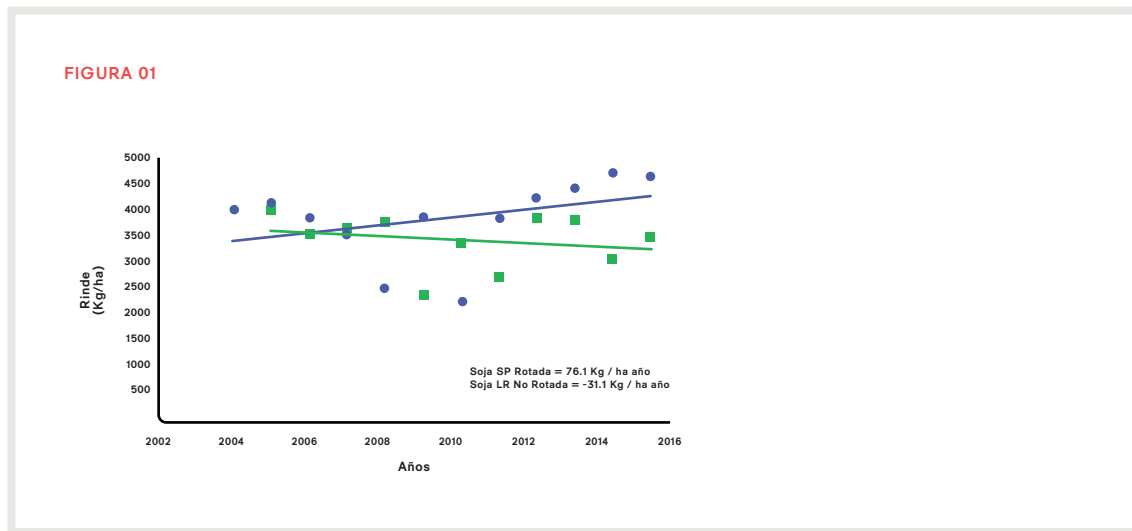
—

DZD Agro

E: [gaduarte@dzdagro.com.ar](mailto:gaduarte@dzdagro.com.ar)

“En la vida no hay premios ni castigos sino consecuencias” (Quino)

El maíz es reconocido como un cultivo fundamental en los sistemas agrícolas de la región, dada la naturaleza del crecimiento de área destinada a cultivos anuales y en particular al desbalance generado en la rotación a favor de la soja. Esto hace que los suelos pierdan calidad (carbono, P y propiedades físicas favorables), se genere una menor eficiencia en la cosecha de agua del sistema y por ende un cambio en la trayectoria de los



*Figura 1: Modificación en la tendencia de los rindes de soja de primera en dos explotaciones, una rotada (SP) y otra en monocultivo de soja (LR) para la localidad de América (BA).*

rindes (Fig. 1).

El modelo de decisión empresarial parte por entender que su negocio es la expresión de un adecuado equilibrio de tres variables, dos denominadas “duras” como el mercado (precio) y lo agronómico (rinde) pero también por aspectos “blandos” (atributos del entorno) como son los gustos personales, la creencia de lo que sucederá con el clima, etc.. Dentro de las variables duras tres son los aspectos a considerar: el precio del producto (P), la cantidad que pueda cosechar por unidad de superficie (Q) y los costos en que incurre para su desarrollo (C). Este modelo simple ( $P*Q-C$ ) (Fig. 2), no siempre en la región descrita fue acompañada por un resultado positivo, siendo su principal limitación la insuficiente productividad del cultivo o un elevado costo de producción, fundamentalmente asociado a la opción de cultivos de maíz sembrados en inicios de primavera (tempranos) frente a



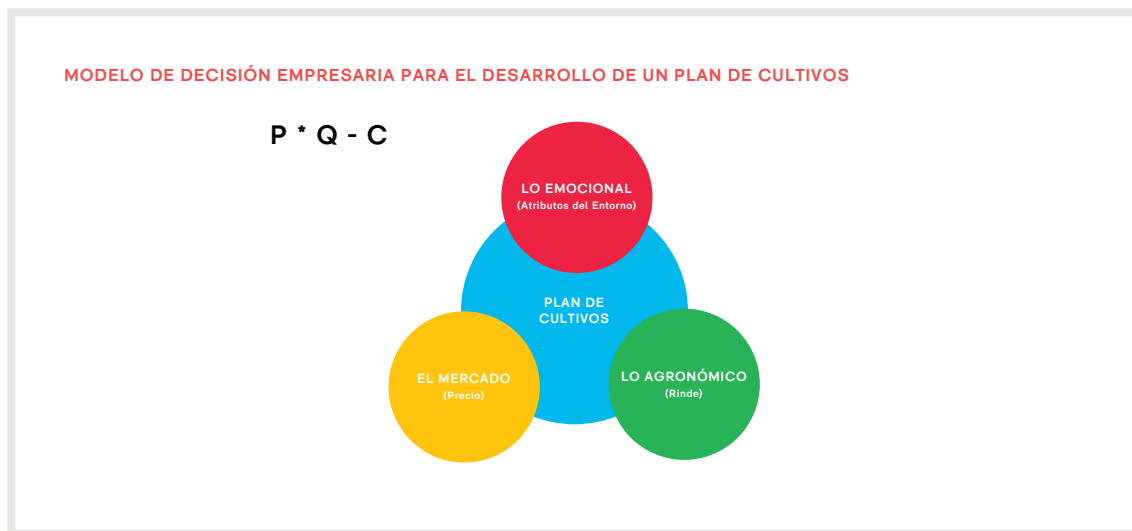


Figura 2: Modelo de decisión empresarial para el desarrollo de un plan de cultivos.

la opción de una segunda oportunidad de siembra como resultan los de siembra de fin de primavera (demorados o tardíos).

Y entonces aparecen razones valederas para incorporar el maíz de fecha de siembra demorada a los planteos de la región. La Tabla 1 muestra esquemáticamente los principales descriptores por el cual decidir la siembra de maíz temprano o tardío.

Esto permite ampliar la paleta de opciones, definiendo al cultivo tardío como “otro cultivo” propicio para sumar a las rotaciones. Inclusive para algunas subregiones de la zona resulta la única opción factible de incorporar a la rotación.

Los niveles de rendimiento alcanzados hasta la actualidad muestra que los máximos se construyen en fechas tempranas, mientras que el rinde de los tardíos (MD) es igual al rinde de los tempranos (MT) x 0.87. (Fig. 3), generando un diferencial medio de -1700 kg/ha.

CONCEPTO	MAÍZ TEMPRANO	MAÍZ TARDÍO
Potencia de Rendimiento	✓	
Diversificación del Riego		✓
Sustentabilidad al Sistema de Producción		✓
Seguridad de Cosecha en Sitios de Menor Calidad		✓
Seguridad de Siembra (Agua Disponible)		✓
Gastos Directos del Cultivo		
Selección Híbrido: Protección	✓	
Densidad		✓
Nutrición		✓
Factores Reductores	✓	
Optimización de Equipos en Siembra		✓
Disponibilidad de Cosechadoras		✓
Riesgo de Cosecha	✓	
Primicia Comercial	✓	
Costos de Acondicionamiento	✓	
Costo de Flete		✓

*Tabla 1: Esquema comparado donde la opción de siembra temprana o tardía es favorecida.*

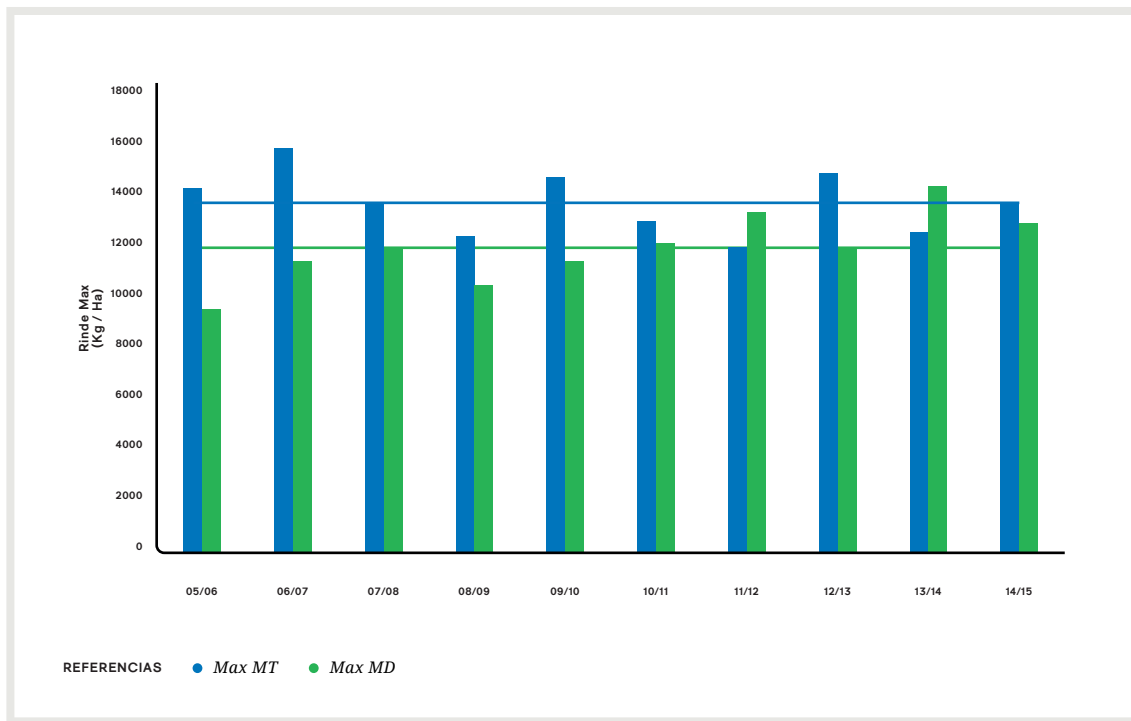


Figura 3: Rendimiento máximo alcanzado en seco para maíces tempranos y tardíos (AACREA-ROA).

También las oportunidades de rendimiento del maíz demorado o tardío (MD) dependerán de los diferentes ambientes productivos, así se puede observar (Fig. 4) las frecuencias acumuladas de rendimiento en cada una de ellas.

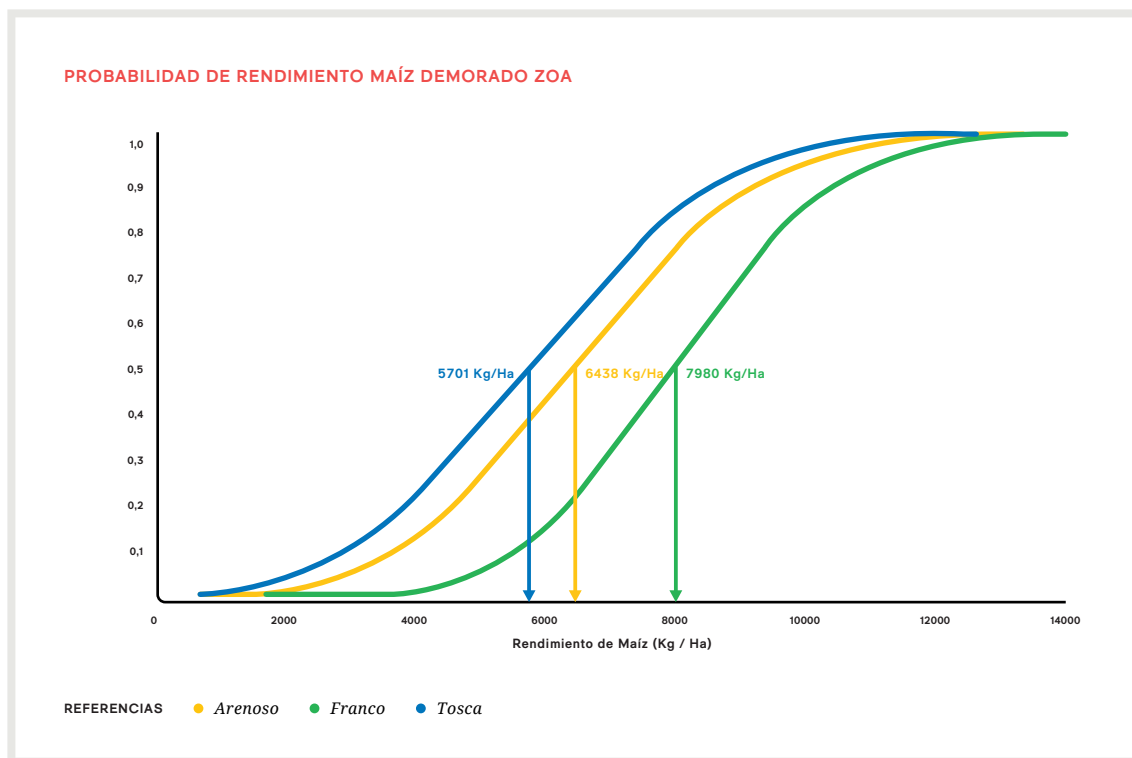
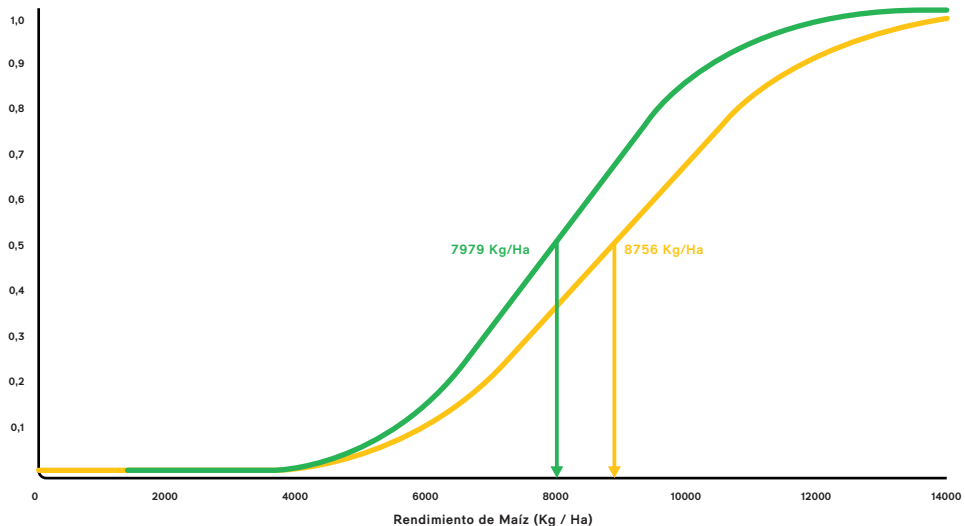


Figura 4: Rendimiento de maíz tardío (MD) en los diferentes ambientes productivos (AACREA-ROA).

En las Figs. 5, 6 y 7 se observa el resultado alcanzado para maíces tempranos (MT) y demorado (MD) según los ambientes productivos. En las mismas se puede observar que en los ambientes de mayor potencial (suelos Francos) la oportunidad de mayores rindes es para los maíces tempranos, sin embargo hay seguramente lotes que por alguna razón no alcanzan potenciales de más de 6000 kg/ha (<20% del ambiente) donde los maíces demorados pueden competir. También se observa que los MD pueden alcanzar umbrales de rendimiento muy elevados (>10000 kg/ha).

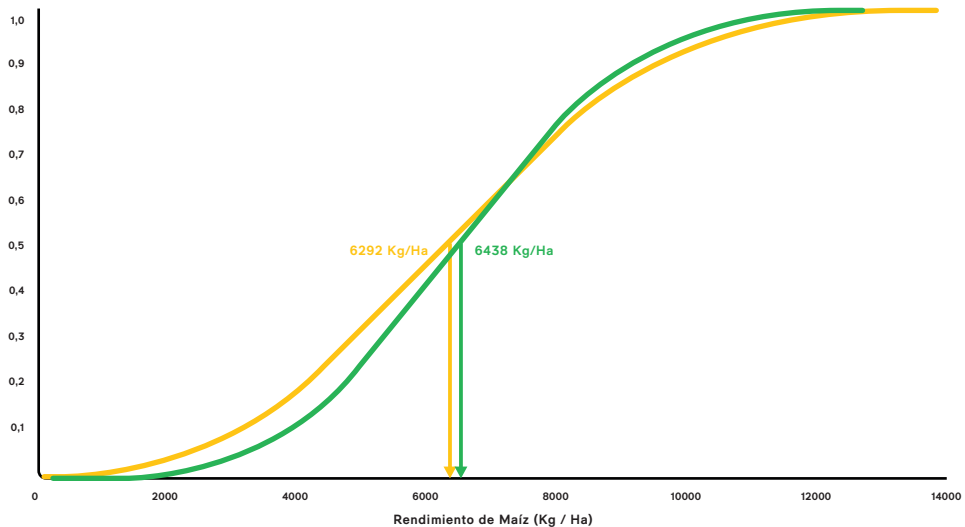
En las zonas de suelos más arenosos, pero sin restricciones en profundidad la oportunidad de ambos tipos de maíz es concreta ya que la probabilidad de alcanzar igual rinde es similar, mientras que en los ambientes de la planicie de tosca los maíces demorados (MD) son la única oportunidad de incorporarlos a la rotación con éxito.

PROBABILIDAD DE RENDIMIENTO MAÍZ EN AMB FRANCO



REFERENCIAS ● Maíz Temprano ● Maíz Demorado

PROBABILIDAD DE RENDIMIENTO MAÍZ EN AMB ARENOSO



REFERENCIAS ● Maíz Temprano ● Maíz Demorado

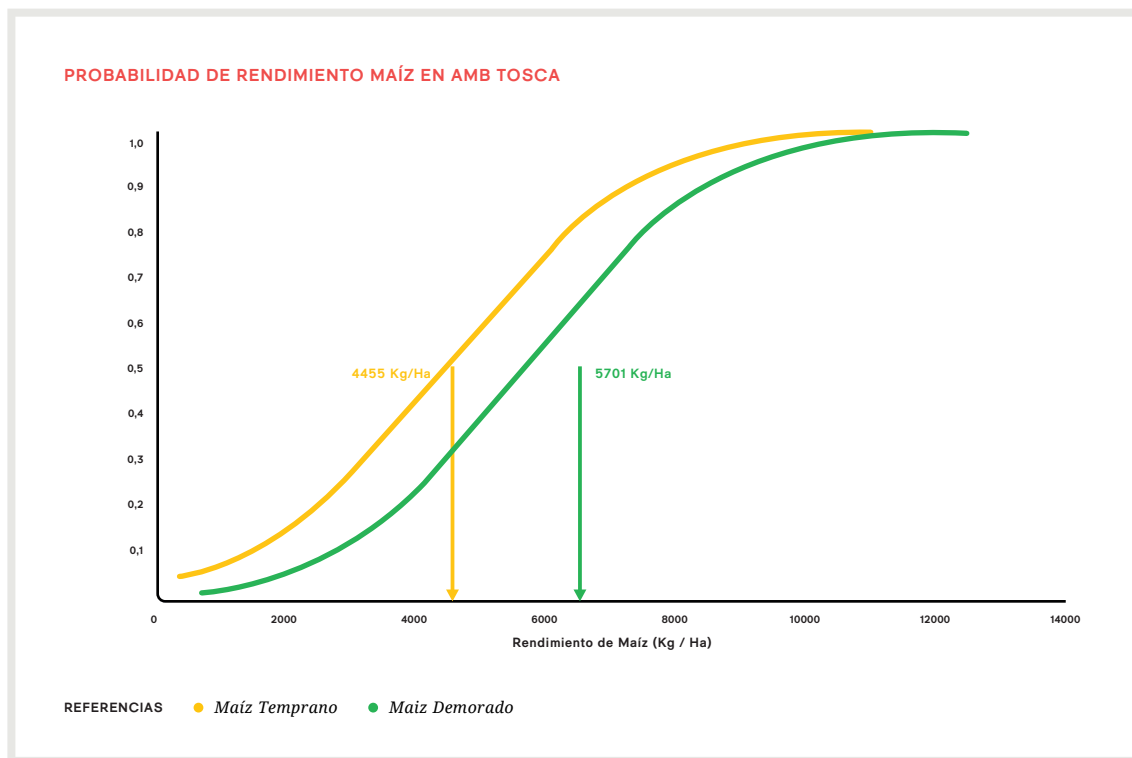


Figura 5, 6 y 7: Frecuencia acumulada de rendimiento comparado de maíz temprano (MT) y maíz demorado (MD) según calidad de ambiente productivo (AACREA-ROA).

Considerar a ambos maíces como dos cultivos “diferentes” permite además incorporar el pronóstico climático como un elemento a juzgar en la decisión.

La Fig. 8 muestra los efectos de los eventos niña-niño en los resultados, siendo más sensible el maíz de fecha temprana a la ocurrencia de los mismos, dado que uno u otro determinan las ofertas de agua que el cultivo tiene en el período crítico. Cuanto más restrictivo es el ambiente mayor es el impacto negativo en el rinde.

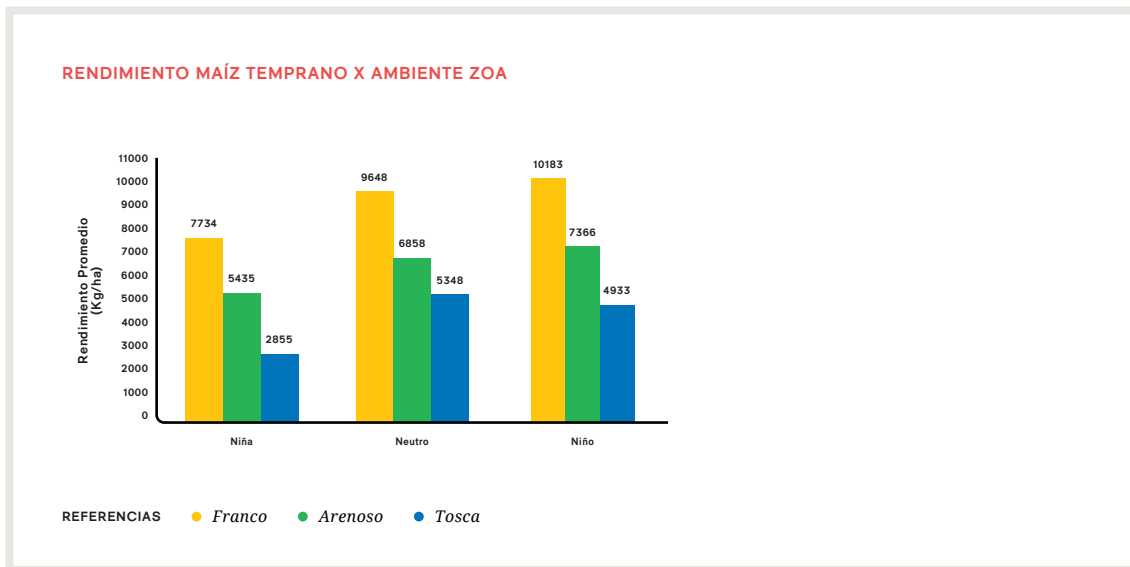


Figura 8: Rendimiento de maíz temprano (MT) según evento climático ocurrido.

La Fig. 9 muestra como la decisión de cultivar un maíz demorado (MD) se independiza mas del evento que vaya a ocurrir, generando la posibilidad de incrementar los pisos de rinde en todos los ambientes.

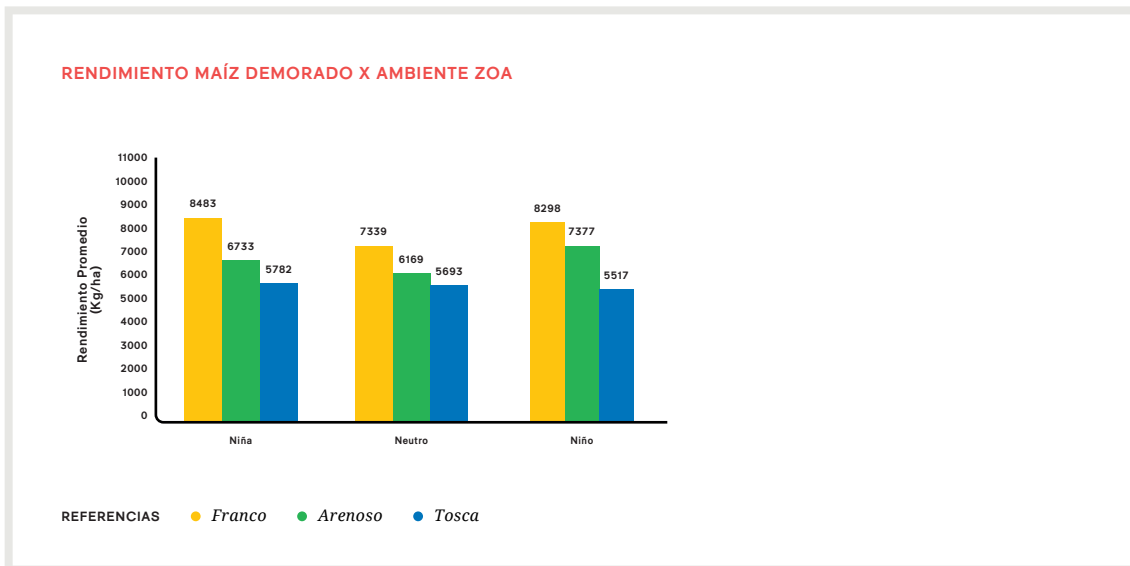


Figura 9: Rendimiento de maíz tardío (MD) según evento climático ocurrido

Dentro de las variables de manejo, la fecha de siembra es una a considerar cuando queremos optimizar el resultado productivo. La Fig.10 muestra el impacto de la misma según el evento climático a ocurrir para todos los ambientes comprendidos, siendo sensible cuando el año es niño. Esto reafirma que en año niña aun hasta los buenos ambientes pueden resultar favorecidos con la fecha de siembra tardía.

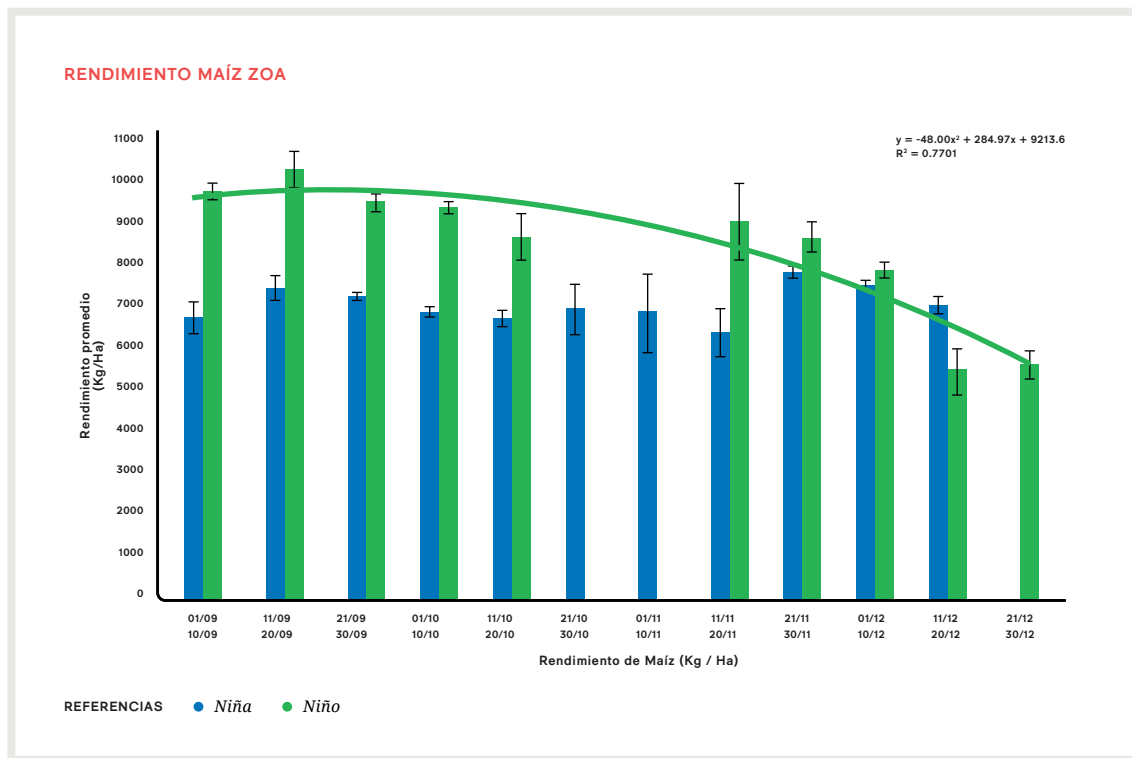


Figura 10: Efecto de la fecha de siembra y el rinde según la condición de año

Otras variables de manejo a establecer en la decisión de los maíces tardíos es el comportamiento de los genotipos a elegir en cuanto a longitud de ciclo y riesgo de afectación por heladas tempranas, velocidad de secado, comportamiento sanitario y a plagas, prolificidad, etc. (Fig. 11).



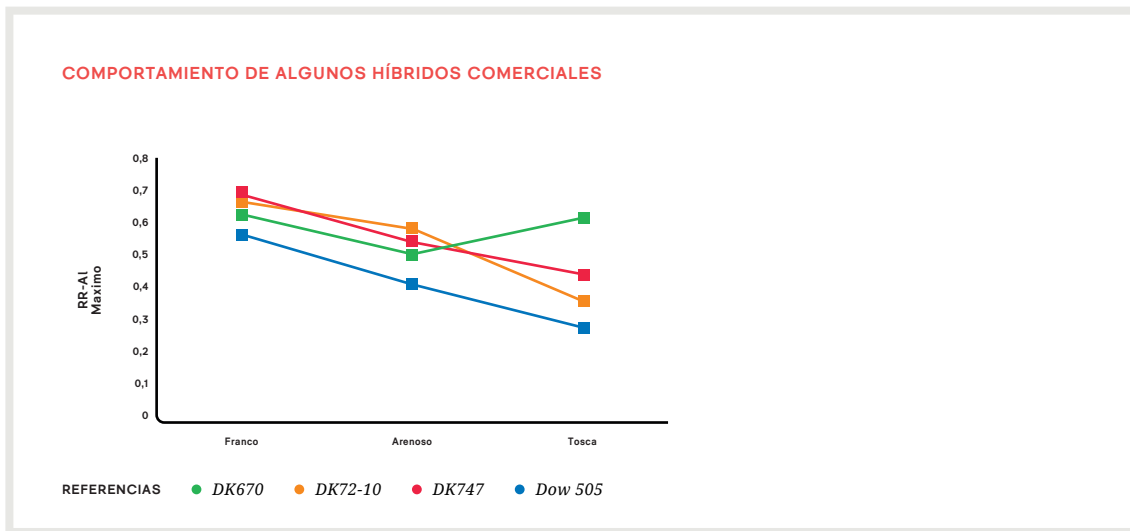


Figura 11: Comportamiento de algunos híbridos comerciales según la calidad del ambiente (rinde relativo al máximo).

La densidad a la que podemos sembrar es otra variable muy potente y de gran impacto sobre los costos. (Fig12).

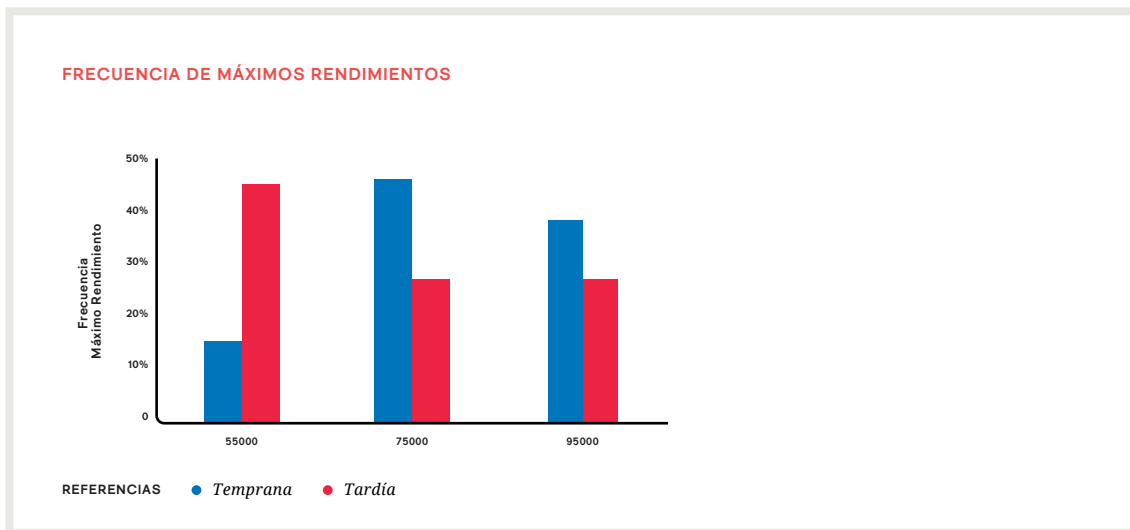


Figura 12: Frecuencia de máximos rendimientos según fecha de siembra y densidad a cosecha (DZDAgro 2013).

Si bien el productor de maíz como el de otros commodities es “tomador” de precios la elección de sembrar un maíz temprano o demorado tiene que ser analizada desde el precio al que puedo vender la producción y esto en nuestro país a sufrido distorsiones asociadas a la estacionalidad de la demanda y al los derechos de exportación. La Fig 13 muestra las variaciones de precio en el mercado interno.

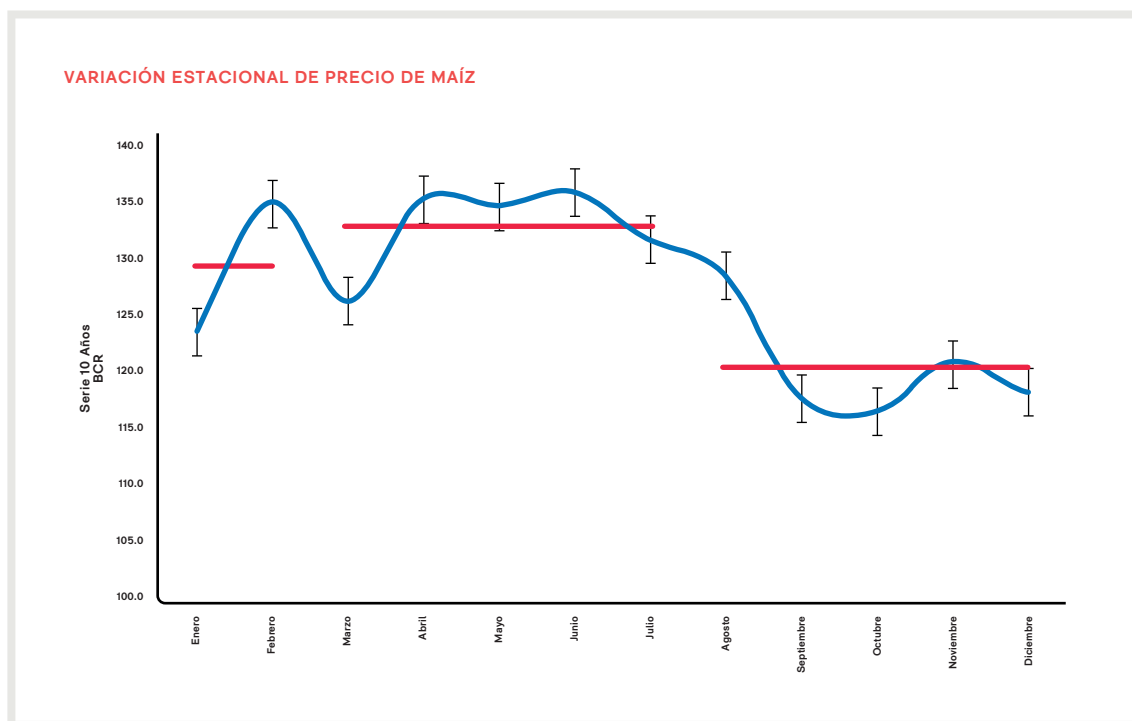


Figura 13: Variación estacional de precio de maíz (BCR) en u\$/tt.

Esto debe hacer reflexionar que, la oportunidad de cosecha e ingreso al mercado con un maíz tardío condiciona a obtener un menor precio y por ende afectar la ecuación de decisión ( $P \cdot Q - C$ ) negativamente.

La mayor transparencia de los mercados a futuro puede hacer variar estas consideraciones si miramos la menor variabilidad que ofrece el MCE (Bolsa de Chicago, Fig 14).

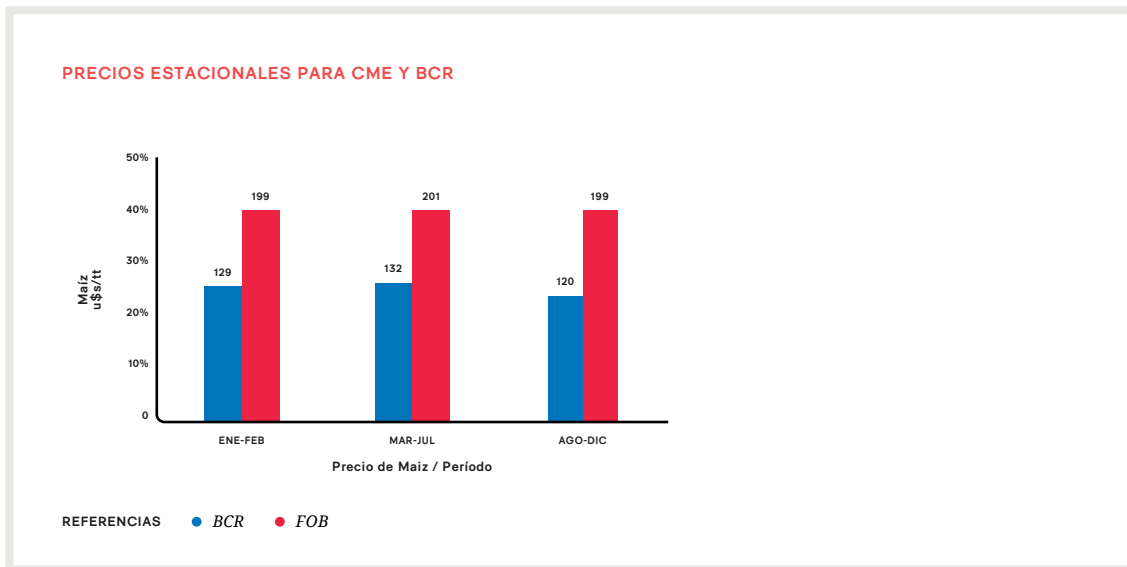


Figura 14: Precios estacionales para CME y BCR en u\$/tt.

De este modo asumiendo todas las variables que interactúan en el modelo de decisión las empresas debieran generar la proyección del resultado esperado y los niveles de riesgo que se quieren asumir. Las Figs. 15 y 16 muestran la proyección de resultados esperados para maíz temprano o tardío según el ambiente productivo. En los ambientes de mayor producción el tener la oportunidad de producir con maíz temprano y vender con mayor precio hace que la misma allí sea favorable o al menos utilizar ambas estrategias, mientras que en ambientes limitados no es tan relevante a qué precio puedo venderlo sino la oportunidad de producirlo.

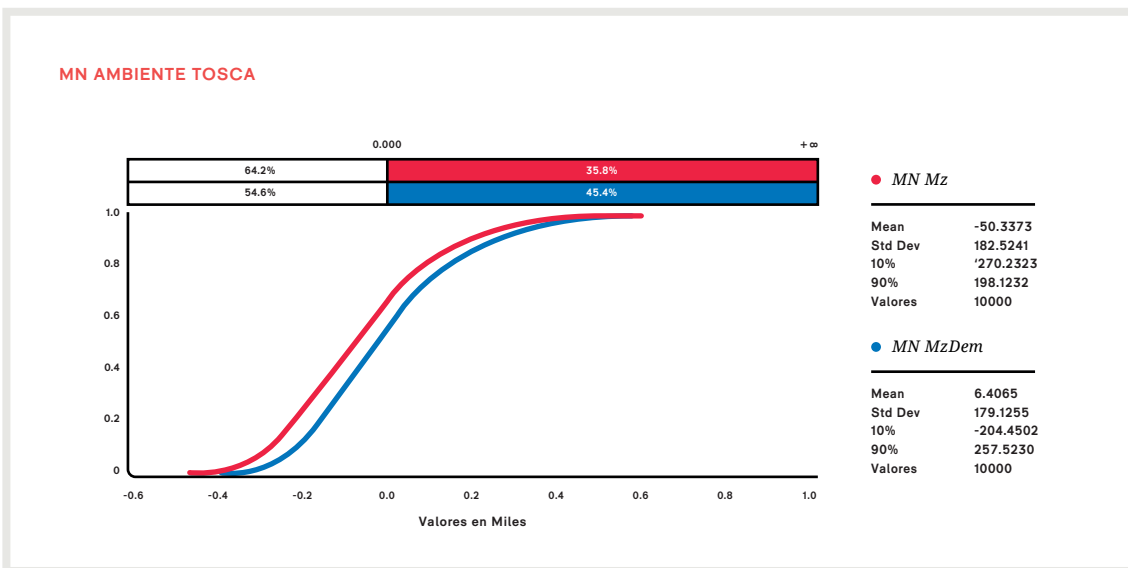
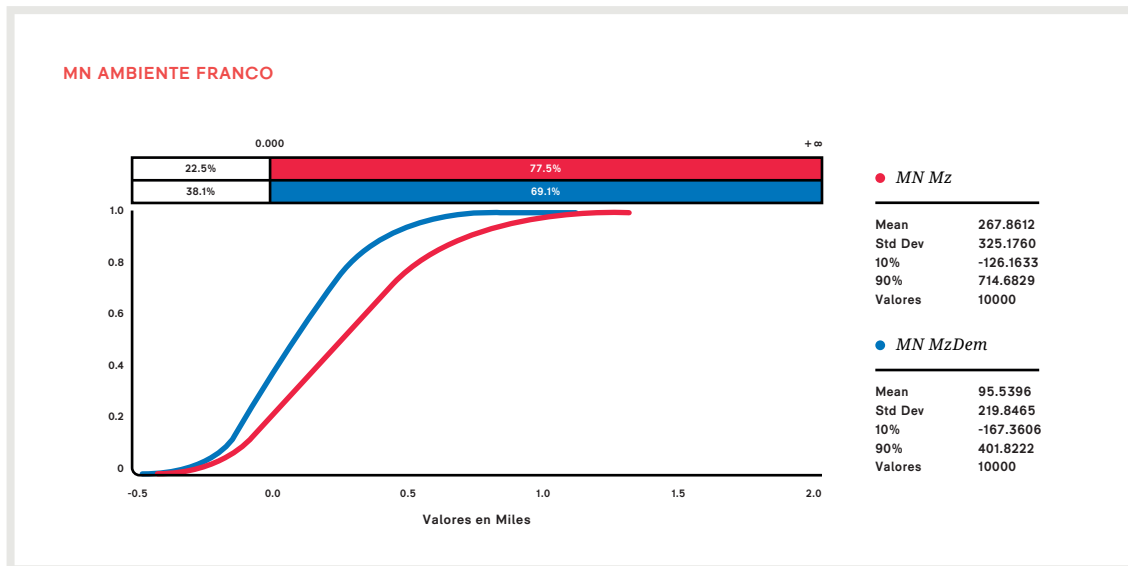


Figura 15 y 16: Resultado esperado según tipo de maíz (MT y MD) y ambiente productivo.

Por último el gran desafío que se presenta para la región es la descripción de la calidad de los ambientes, el reconocimiento de su heterogeneidad y la posibilidad de optimizar su resultado.

La Tabla 2 muestra la integración del manejo por ambientes y como la decisión de establecer maíz demorado puede mejorar el resultado económico.

LOTE	MAÍZ CONV	MPA	MT-BP	MD-BP
LT 10	12.7	14.3	5.5	8.7
LR 23-26	13.2	13.2	7.9	8.9
LR-1-2-8	12.1	12.8	8.3	10.0
LT-30-37	11.4	11.9	6.4	8.6
PROMEDIO	12.4	13.1	7.03	9.01

*Tabla 2: Resultado neto (RN) en u\$s/ha alcanzado en maíz optimizando la heterogeneidad del ambiente y la respuesta económica diferencial para un mismo ambiente según maíz siembra temprana o tardía (DZDAgro 2016).*

En resumen el maíz de siembra tardía o demorada es una excelente alternativa para la Región de la Pampa Arenosa, ya que diversifica el portafolio de las empresas y permite incorporar otro cultivo muy favorable a la sostenibilidad del sistema productivo. Su oportunidad definitiva dependerá de la caracterización precisa de los ambientes productivos, del ajuste de las variables de manejo más relevantes y de la eficiencia en el manejo de los mercados y financiera de la empresa.

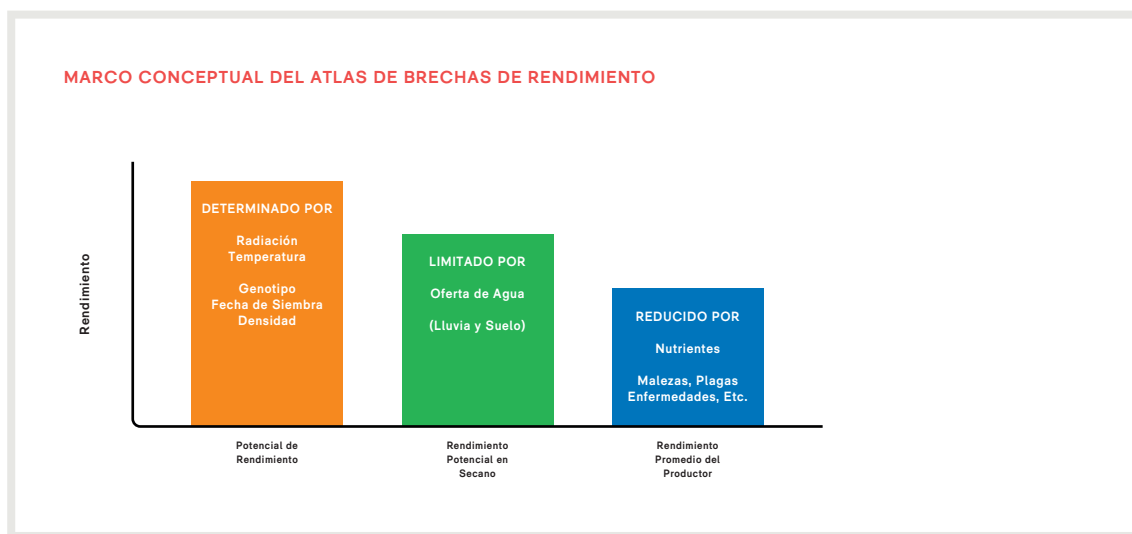
# — Rendimientos potenciales y brechas de rendimiento en maíz en Argentina

## AUTORES

**Fernando Aramburu Merlos**  
**Juan P. Monzón**

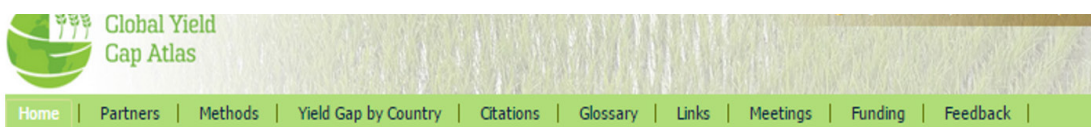
—  
CONICET, Grupo Ecofisiología de Cultivos  
UI Balcarce  
E: monzon.jp@gmail.com

Para el año 2050 vamos a tener que producir alimentos para 9200 millones de habitantes, y, al mismo tiempo, preservar áreas ricas en biodiversidad y servicios ecosistémicos. Para cumplir con estos objetivos necesitamos alcanzar altos rendimientos en cada hectárea de tierra cultivada, maximizando la eficiencia de uso de los recursos. Es preciso entonces entender las causas de las diferencias entre los rendimientos logrados en las distintas regiones para cuantificar cuanto puede aumentar la producción de cereales, oleaginosas y tubérculos al reducir las brechas entre (i) el rendimiento promedio logrado por los productores y (ii) el rendimiento potencial que se define a partir del clima, genotipo y suelo. En regiones donde predominan cultivos de secano expuestos a estreses hídricos periódicos es propicio utilizar el rendimiento potencial en secano (o limitado sólo por agua) como referente para la estimación de brechas (Figura 1).



*Figura 1: Marco conceptual del Atlas de Brechas de Rendimiento en el cual hay tres niveles de producción: potencial (izquierda), potencial en secano (centro) y logrado por los productores (derecha). La diferencia entre estos dos últimos niveles representa la brecha de rendimiento en condiciones de secano.*

A través de su sitio web [www.yieldgap.org](http://www.yieldgap.org), el Atlas provee el primer mapa global e interactivo de rendimientos potenciales y brechas para los principales cultivos extensivos, basado en un protocolo transparente, replicable, y con una sólida base de conocimiento agronómico (Figura 2). El Atlas, que es de acceso público, es una plataforma que puede ser usada como herramienta por productores, asesores, investigadores y agencias de extensión de sectores privados y gubernamentales relacionados con la agro-industria para identificar las regiones con las mayores oportunidades para incrementar la producción a través de una intensificación sustentable.



### The Global Yield Gap and Water Productivity Atlas

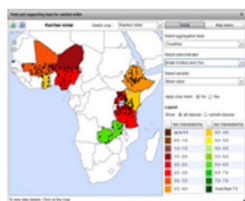
Current rate of yield increase for major food crops is not fast enough to meet demand on existing farmland. Given limited land suitable for crop production and population soon to exceed 9 billion, ensuring food security while protecting carbon-rich and biodiverse rainforests, wetlands, and grasslands depends on achieving highest possible yields on existing farm land. Yet for most major crop-producing countries, including data-rich regions such as the USA and Europe, there are few reliable data on yield potential ( $Y_p$ ) or water-limited yield potential ( $Y_w$ ). Hence, the target of the Global Yield Gap Atlas (GYGA) is to provide best available estimates of the exploitable yield gap ( $Y_g-E$ ) — difference between current average farm yields and 80% of  $Y_p$  and  $Y_w$ . Water resources to support rainfed and irrigated agriculture also are limited, which means efficiency in converting water to food, water productivity ( $WP$ ), is another key food security benchmark included in the Atlas.

[previous slide](#) [next slide](#)

#### Why a Global Yield Gap and Water Productivity Atlas?

- Interpret historical yield trends of major food crops in a given country or region (slow-downs, yield plateaus)
- Estimate national and global food production capacity on existing farm land with available water supply, or need for additional land and water under different policy scenarios (e.g. biofuel or environmental policies)
- To prioritize research and inform agricultural policies to ensure global food and water security through focus on areas with largest unexploited yield gaps and greatest potential to close them through ecological intensification and greater water productivity
- Identify where new technologies or technology packages have greatest potential for closing yield gaps

#### Go to the Atlas

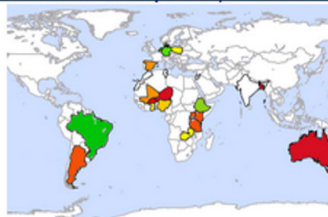


#### Get access to the Atlas for advanced users

Accurate and geospatially granular estimates of  $Y_g$  and  $WP$  with global coverage are essential for:

- Estimating national and global food production capacity on existing farm land with available water supply, or need for additional land and water under different policy scenarios (e.g. biofuel or environmental policies);
- Interpreting yield trends (slow-downs, plateaus) of major food crops at regional to national scales;
- Prioritizing research and informing agricultural policies to ensure global food and water security through focus on regions with largest unexploited yield gaps and

#### Overview of GYGA coverage (click to see Country x Crop combinations)

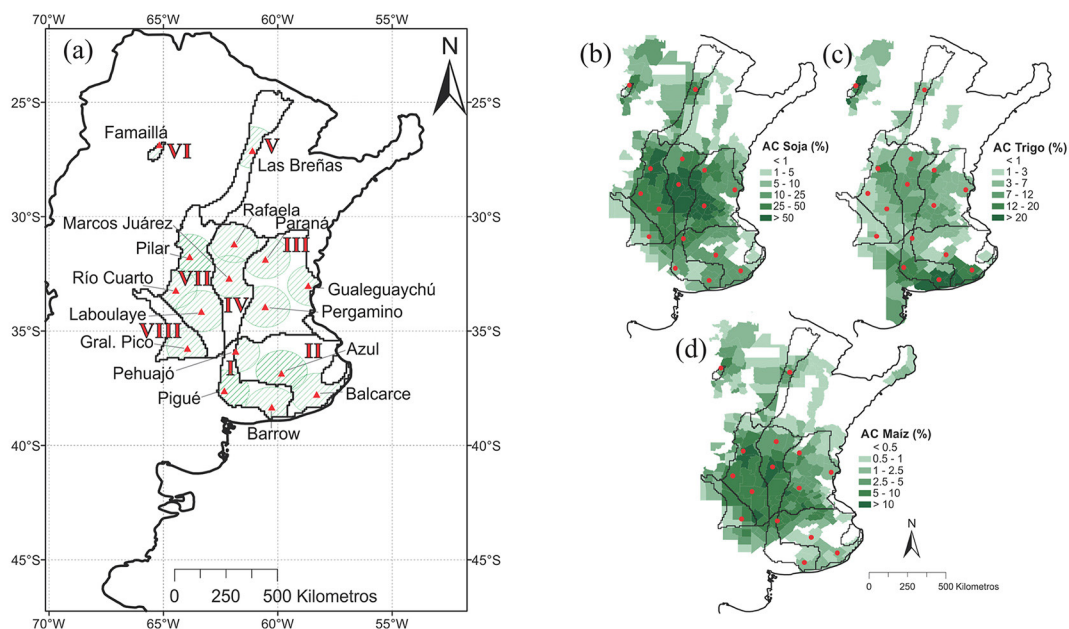


**Figura 2:** Portal de acceso al Atlas Mundial de Brechas de Rendimiento ([www.yieldgap.org](http://www.yieldgap.org)). El Atlas es de acceso público y tiene como objetivo proveer estimaciones de rendimiento potencial y brechas de rendimiento, a nivel local y global, para los principales cultivos extensivos.



## Metodología para la estimación de las brechas de rendimiento

La aproximación usada en el proyecto consiste en la selección de un determinado número de localidades, situadas en zonas relevantes para la producción de cada cultivo, para las cuales se estima el rendimiento potencial en secano utilizando modelos de simulación de cultivo calibrados localmente. Las simulaciones están basadas en datos locales de clima, suelo y manejo de cultivo. La brecha de rendimiento se calcula como la diferencia entre el rendimiento potencial simulado en secano y el rendimiento logrado por los productores. La estimación de rendimiento potencial y brecha se realiza primero a nivel de localidad y luego se extrapola a nivel de región y país, basándose en la distribución del área sembrada de cada cultivo, y utilizando como marco zonas agroclimáticas homogéneas. Las zonas climáticas donde se encuentran las localidades seleccionadas cubren más del 75% del área total sembrada con soja, trigo y maíz en Argentina (Figura 3).



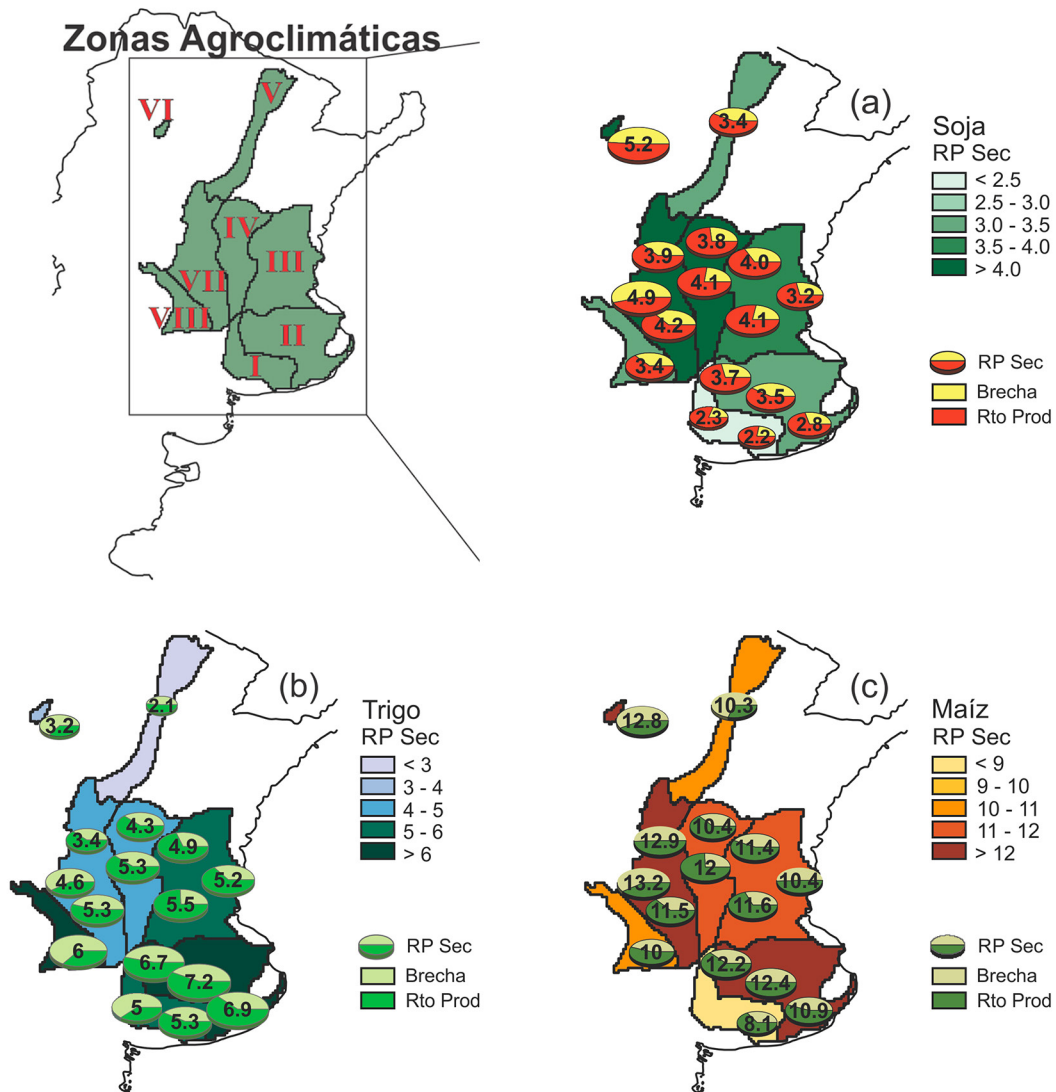
**Figura 3.** (a) Localidades seleccionadas para las estimaciones de rendimiento potencial y brechas de rendimiento (triángulos rojos) y zonas climáticas donde éstas se encuentran (identificadas por números romanos). Y distribución del área cultivada (AC) con soja (b), trigo (c), y maíz (d) para el periodo 2006-2012, expresada como % del área total de cada distrito

## Variación regional de los rendimientos potenciales en seco y de las brechas de rendimiento.

Es sumamente conocido que los rendimientos varían significativamente entre regiones y a través de los años. Lo novedoso de nuestros resultados es que no hay una clara correlación entre los rendimientos obtenidos por los productores y los rendimientos potenciales en seco, lo que resulta en una gran variación en brechas de rendimiento entre regiones, como puede apreciarse en la Figura 4.

Entre los cultivos analizados, el maíz fue el que presentó menor variación de rendimiento potencial en seco entre zonas, de 100 a 132 qq/ha, con excepción del sudoeste de la provincia de Bs. As, donde apenas llegó a los 81 qq/ha.

Revisando la bibliografía se puede encontrar una amplia gama de brechas de rendimiento en las distintas partes del mundo. En los países más desarrollados, donde la agricultura suele estar subsidiada (como en EEUU o en la UE), las brechas tienden a ser menores, llegando a un mínimo del 15-20% del rendimiento potencial. En el otro extremo, en los países más pobres (ej. África Sub-Sahara) las brechas son enormes, de hasta el 80% del rendimiento potencial, determinadas por serios problemas estructurales. En este contexto, la Argentina presenta brechas intermedias, aunque con amplias diferencias entre regiones. En general, las brechas tendieron a ser menores en la región Pampeana central (del 25 al 35%), y mayores hacia el oeste y norte del país, encontrándose brechas de hasta el 70% del rendimiento potencial en seco. La variación regional en las brechas de rendimiento de Argentina resalta la utilidad de este trabajo como un marco para orientar la investigación y la extensión, y, en última instancia, reducir las brechas en las zonas donde los rendimientos actuales están muy por debajo de su potencial.



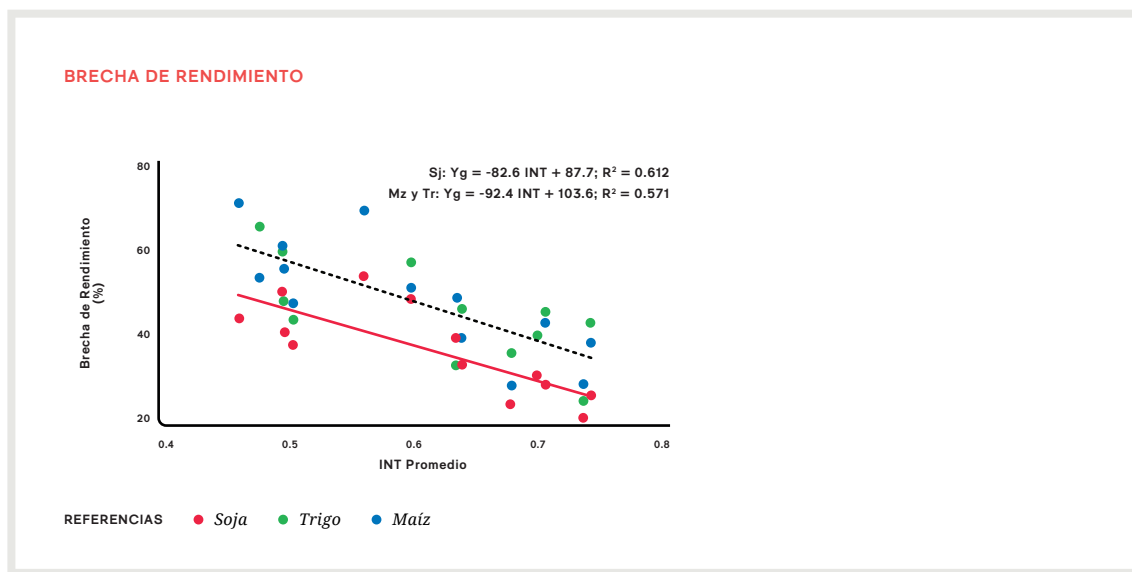
**Figura 4.** Mapas de rendimientos potenciales y brechas para (a) soja, (b) trigo, y (c) maíz. La escala de colores de cada mapa representa el rendimiento potencial en seco (RP Sec) a nivel de zona agroclimática. A su vez, para cada localidad se indica el rendimiento potencial en seco (valor dentro del gráfico de tortas), y que proporción de éste representa el rendimiento logrado por el productor (color oscuro) y la brecha (color claro). Todos los valores están expresados en toneladas por hectárea.

impacto en un cambio de uso de la tierra, los efectos esperables por distintos escenarios climáticos, y el impacto esperable derivado de la expansión del área regada en cada región, en cada país y en el mundo.

Para terminar, cabe destacar que los rendimientos potenciales van a seguir aumentando gracias a la combinación del mejoramiento genético y el manejo agronómico, tal como ha venido ocurriendo en los últimos años. Es por ello que el Atlas es una plataforma dinámica, que puede ser actualizada periódicamente frente a cambios tecnológicos.

### ¿Cuáles son las causas de estas brechas?

Comprender las causas de las brechas es un tema complejo que requiere un enfoque multifactorial basado en datos de buena calidad a nivel de lote y apoyado en modelos de



*Figura 5. Brecha de rendimiento (%), datos de Aramburu Merlos et al., 2015, Field Crops Research) en función del índice de intensificación agronómica. El grupo de Ecofisiología de Cultivos de la UI Balcarce está empezando*

**¿Cuál es el potencial de producción de maíz de la Argentina con la tecnología disponible?**

En la figura 5 podemos apreciar como las brechas de rendimiento para los cultivos de soja, trigo y maíz se relacionan con el índice de intensificación promedio del informe ReTAA, que es una medida del nivel de tecnología usada por los productores. Las menores brechas de rendimientos se observan en las zonas donde el uso de tecnología es alto. Es necesario avanzar para poder como los diferentes componentes de los paquetes tecnológicos usados por los productores (tipo de siembra, densidad, fertilización, fecha de siembra, etc) influyen sobre la brecha de rendimiento para las diferentes zonas del maíz.

### Efecto del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENSO), la fecha de siembra y el agua a la siembra sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

El fenómeno ENSO tiene una fuerte influencia a nivel de Argentina sobre los rendimientos de los cultivos de verano. En la figura 6 podemos observar como los años El Niño coinciden claramente con los mayores rendimientos de soja y maíz logrados a nivel nacional y lo opuesto ocurre en años La Niña. Este fenómeno, que varía su efecto entre las diferentes zonas del país, va a influir en la respuesta del cultivo de maíz a la fecha de siembra.

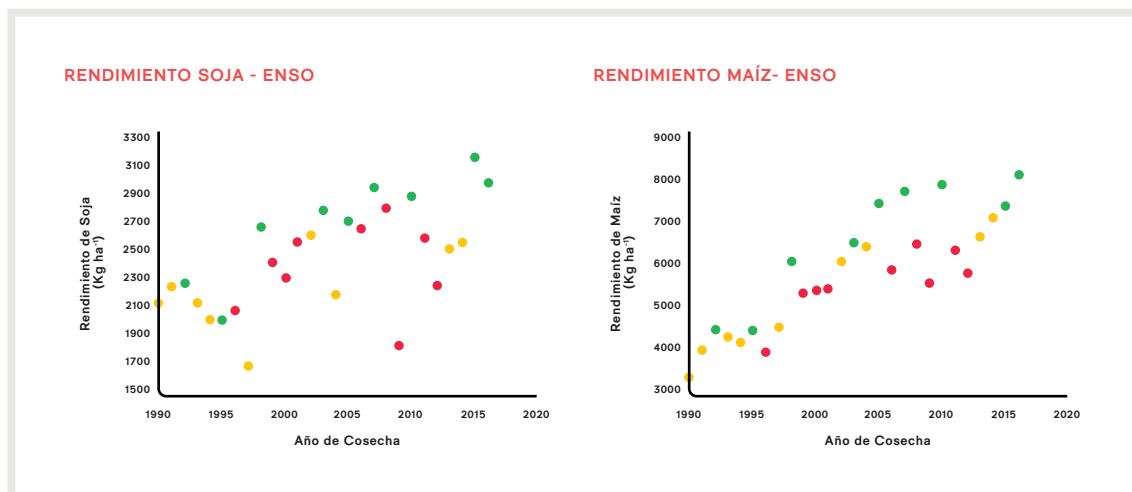


Figura 6. Rendimiento de soja (izquierda) o maíz (derecha) en función del año de cosecha. Los círculos rojo indican años tipo La Niña, verdes año tipo El Niño y amarillos año tipo Neutrales.

En términos generales, los rendimientos medios a lograr en fecha de siembra temprana y tardía son muy similares entre regiones para el promedio de los años (parte superior de Fig. 7). Sin embargo, ante la presencia de un año La Niña, que podría implicar menores precipitaciones en diciembre/enero, la fecha de siembra tardía presenta mayores rendimientos alcanzables que la fecha de siembra temprana. Diferir el período crítico del cultivo de maíz a condiciones de mejor balance hídrico sería lo adecuado en este tipo de año. Por otro lado, en años El Niño los rendimientos a lograr en siembras tempranas son iguales o mayores que en siembras tardías. En este tipo de años, donde las precipitaciones

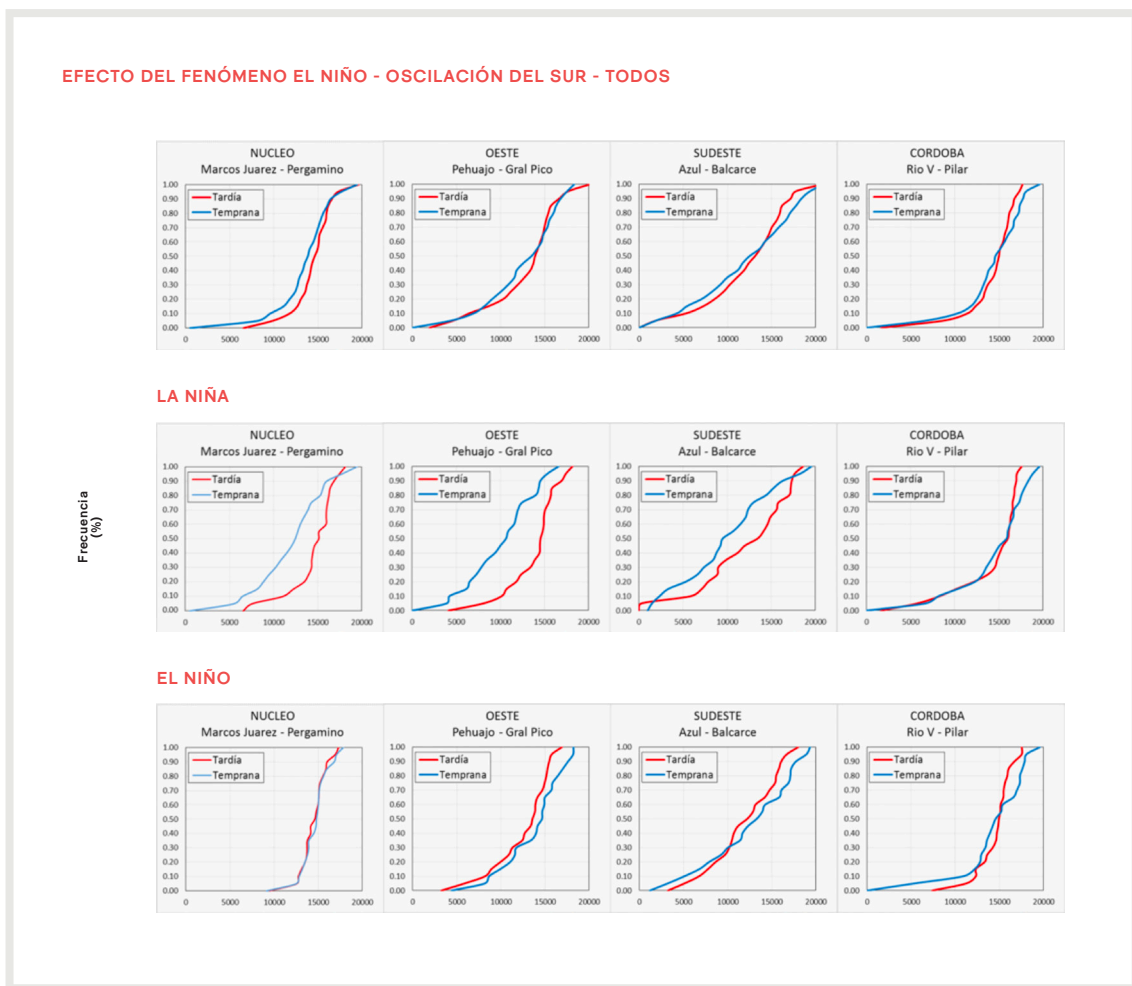


Figura 7. Frecuencia acumulada de rendimiento para diferentes regiones del país (y sus localidades de referencia) en función de la fecha de siembra (tardía, temprana).

medias son mayores en diciembre/enero, adelantar la fecha de siembra nos permitiría lograr mayores rendimientos potenciales y ventajas logísticas asociadas a la fecha temprana de cosecha.

## **Conclusiones**

El rendimiento de maíz a nivel país puede pasar de 6.6tn a 9.4 tn ha<sup>-1</sup> por el cierre de brechas. El fenómeno ENSO es una herramienta potencial para decidir entre maíz temprano y tardío.

# — Análisis de riesgo integrando aspectos agronómicos y económicos

## AUTORES

**Ariadna Berguer**

—

Cultivar Conocimiento Agropecuario S.A.

E: [aberguer@cultivaragro.com.ar](mailto:aberguer@cultivaragro.com.ar)



En los capítulos anteriores se han analizado diferentes características y necesidades de manejo del cultivo de maíz sembrado en fechas tempranas y tardías. En este capítulo se compara el resultado económico de ambos cultivos. La evaluación económica se suma así a los otros criterios de decisión a la hora de armar un plan de siembra y definir cómo asignar recursos entre los diferentes cultivos.

Más allá de cuán sofisticado sea el cálculo en el cual se basa el análisis (margen bruto, margen neto, con o sin intereses, valor actualizado neto, tasa interna de retorno), las variables para proyectar el resultado son siempre las mismas y se resumen en la figura 1 para el caso del cálculo del margen bruto. Si en cambio de un margen bruto se quiere llegar a un resultado, habrá que descontar el arrendamiento y los gastos de administración, o gerenciamiento, o estructura.

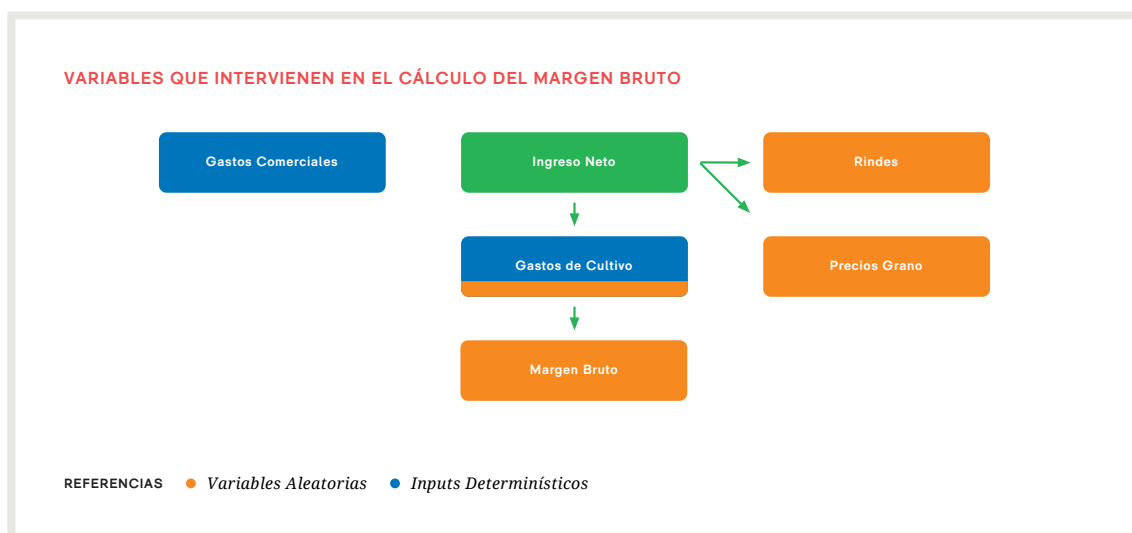


Figura 1: Variables que intervienen en el cálculo del margen bruto

El hecho de que algunas variables sean aleatorias (rendimiento, precios y parte de los gastos de cultivo, que por ejemplo pueden incluir ciertas aplicaciones de insumos sólo ante la eventual presencia de una adversidad), hace que finalmente también la medida de resultado sea una variable aleatoria. Como tal, no es posible definirla con un estimador puntual, sino como una función de probabilidad. De esa manera, no se evalúa sólo un resultado promedio, sino también su variabilidad. Análisis de este tipo, realizados con

simulación Monte Carlo, brindan información sumamente valiosa porque describen todo el abanico de posibles resultados<sup>1</sup>.

## Una cuenta no tan simple

En la evaluación económica del maíz temprano y tardío hay factores a favor de uno y de otro (figura 2). El maíz temprano tiene un mayor rendimiento esperado, menores gastos de secada y, en principio, un mayor precio<sup>2</sup>. Sin embargo, el maíz tardío está asociado a una menor variabilidad (mayor estabilidad) del rinde y a menores gastos de insumos, sobre todo semillas (por usarse menor densidad) y fertilizantes (en función del menor rendimiento potencial). Ante esta situación, los dos cultivos tienen ventajas por sobre el otro.



Figura 2: Algunos factores que influyen en la elección de maíz temprano y maíz tardío

La pregunta “¿Qué cultivo tiene mayor margen bruto?” en realidad debería ser “¿Qué cultivo tiene mayor probabilidad de generar el resultado al que aspira el productor?”. Un mayor margen bruto promedio podría venir de la mano de una mayor variab-

<sup>1</sup>Se convierten así en un apoyo muy útil en situaciones en las que la toma de decisiones se debe hacer en un entorno de incertidumbre, en las que un cultivo puede arrojar mejores resultados que otro en determinadas condiciones, pero esta situación se revierte en condiciones diferentes.

<sup>2</sup>Se considera el precio en un mes de cosecha para cálculo exclusivamente de la actividad de producción, sin el agregado de resultados generado por decisiones de cobertura de precios.

ilidad y, en ese caso, la elección entre un cultivo y otro es más compleja. Para calcular el resultado de los dos cultivos, se deberá analizar atentamente cada uno de los componentes del resultado.

## I - Rindes

La Figura 3 resume una base de aproximadamente 34.500 datos de rendimiento de maíz temprano y tardío a nivel de lote, recopilados a lo largo de nueve campañas (06/07 a 14/15) en 13 zonas de producción (desde el NOA hasta el Sudoeste de Buenos Aires). Estos mismos datos se resumen en la tabla 1. De la figura 3 y la tabla 1 se desprende que

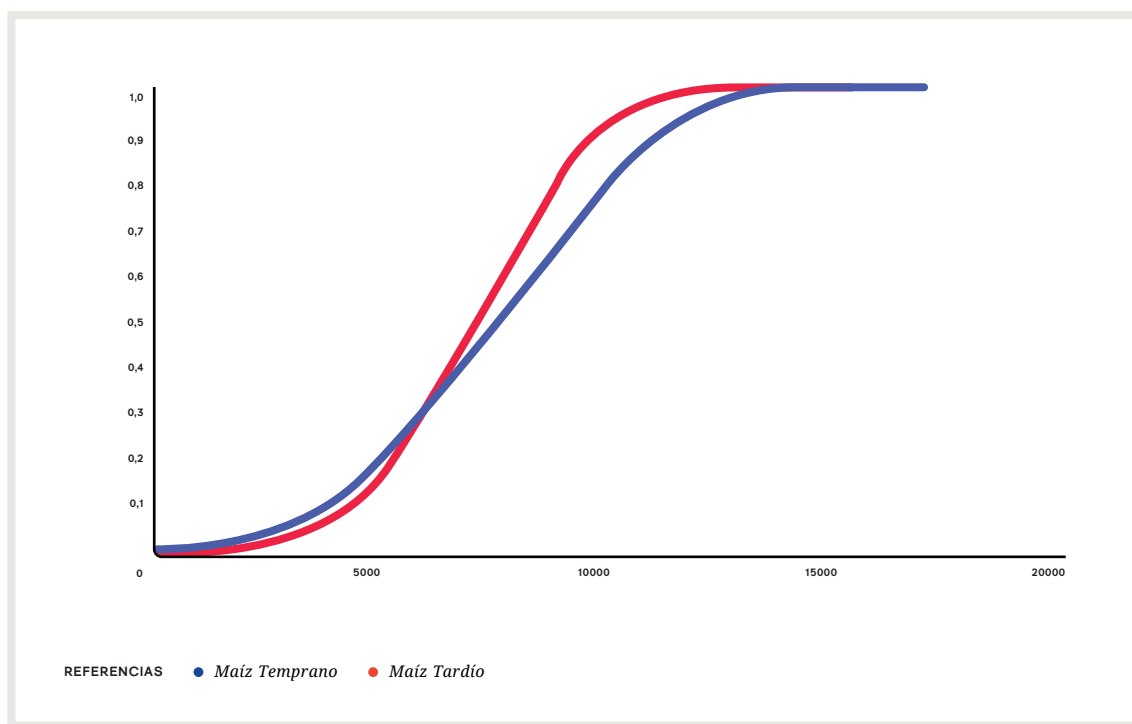


Figura 3: Rinde de maíz temprano y tardío a nivel de lote (kg/ha). Datos de 13 zonas y 10 campañas

<sup>3</sup>Se debe tener en cuenta que, hasta ahora, la mayoría de las veces el maíz tardío se sembró en lotes de menor potencial y/o con un planteo técnico más económico, lo cual no permite aún conocer del todo el verdadero potencial de las siembras tardías.

el rendimiento promedio del maíz tardío es un 7% menor al del maíz temprano, pero su desvío es un 21% menor, lo cual ubica el coeficiente de variación (CV) del maíz tardío un 6% por debajo del CV de maíz temprano. El maíz tardío, además, tiene rendimientos mínimos más altos (percentiles 1 y 5 mayores), aunque el potencial de rendimiento es menor (ver percentiles 90 y 95)<sup>3</sup>. El maíz temprano tiene un 20% de probabilidad de generar un rendimiento más alto cuando se consideran 13 zonas en forma conjunta. Sin embargo, existen diferencias entre zonas.

	TEMPRANO	TARDÍO	DIFERENCIA	
<b>Promedio</b>	7.555	7.045	-510	-7%
<b>Desvío</b>	2.869	2.254	-615	-21%
<b>CV</b>	38%	32%	-6%	-
<b>Percentil 1</b>	1.200	12.47	47	4%
<b>Percentil 5</b>	2.691	2.926	234	9%
<b>Percentil 50</b>	7661	7.205	-456	-6%
<b>Percentil 95</b>	12.100	10.400	-1.700	-14%
<b>Percentil 99</b>	13.524	11.696	-1.828	-14%

*Tabla 1: Rinde a nivel de lote (kg/ha) de 13 zonas y 10 campañas. Maíz temprano: 22.500 datos – Maíz tardío: 12.000 dato. El sombreado resalta el mejor valor de cada indicador*

Seleccionando sólo los datos de la zona Oeste de Buenos Aires (localidades de 30 de Agosto, Pehuajó, Herrera Vegas, 9 de Julio, General Villegas, entre otras), se observa una realidad un poco distinta (Figura 4 y Tabla 2). En esta zona, y al igual que para la generalidad de las zonas, el maíz tardío tiene un rendimiento promedio y un desvío menores que el maíz temprano. Sin embargo, en términos de CV y de percentil 1 los dos cultivos son casi equivalentes. Es decir que, en términos de rendimiento, en el Oeste de Buenos Aires el maíz temprano es prácticamente dominante (siempre mayor).

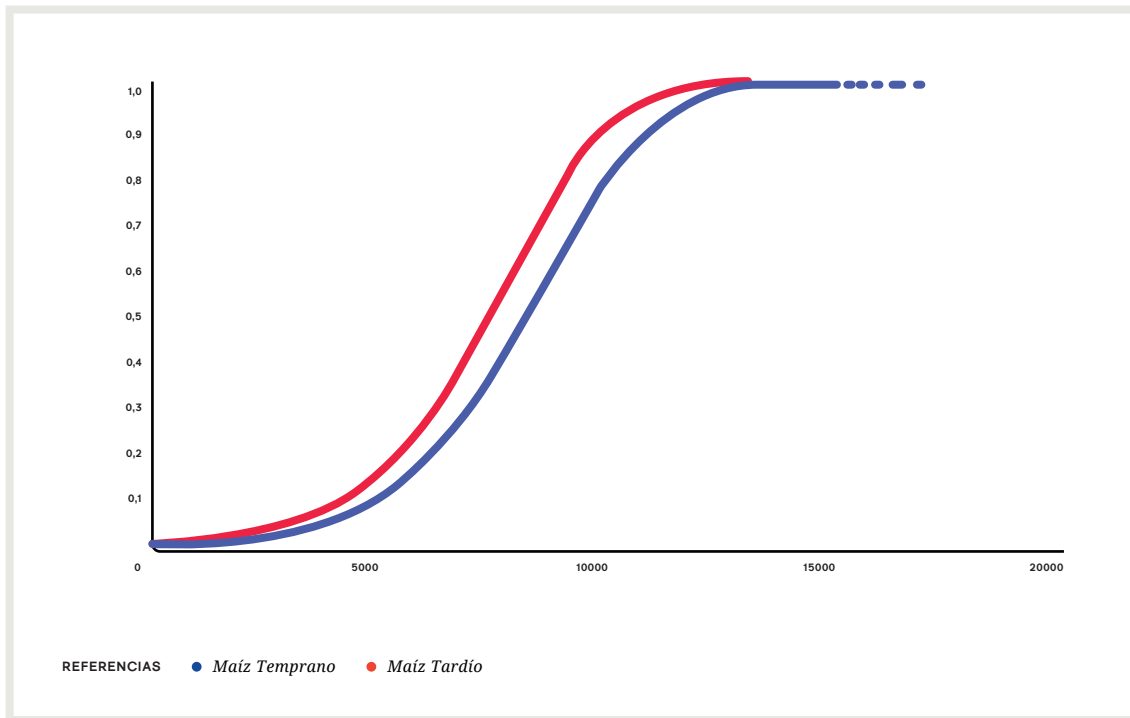


Figura 4: Rinde de maíz temprano y tardío (kg/ha) en lotes de la zona Oeste Buenos Aires, 8 campañas

	TEMPRANO	TARDÍO	DIFERENCIA	
<b>Promedio</b>	8.068	7.240	-828	-10%
<b>Desvío</b>	2.478	2.309	-170	-7%
<b>CV</b>	31%	32%	1%	-
<b>Percentil 1</b>	1.681	1.696	15	1%
<b>Percentil 5</b>	3.554	2.990	-564	-16%
<b>Percentil 50</b>	8.259	7.462	-797	-10%
<b>Percentil 95</b>	11.795	10.555	-1.240	-11%
<b>Percentil 99</b>	13.343	11.773	-1.570	-12%

Tabla 2: Rinde de maíz temprano y tardío (kg/ha) en lotes de la zona Oeste Buenos Aires, 8 campañas. Maíz temprano: 6.000 datos – Maíz tardío: 1.400 datos. El sombreado resalta el mejor valor de cada indicador

El Litoral Sur (localidades de Villaguay, Gualaguay, Victoria, La Paz, Gualaguaychú, Larroque, Nogoyá, Concordia, entre otras), en cambio, muestra una situación diferente (Figura 5 y Tabla 3). En esta zona, el maíz tardío tiene un rendimiento superior al maíz temprano, al mismo tiempo que mantiene un desvío menor. Esto ubica el CV del maíz tardío 11% por debajo del CV del maíz temprano, y la única ventaja de este último es su mayor potencial (25% de probabilidad aproximada de un rendimiento mayor).

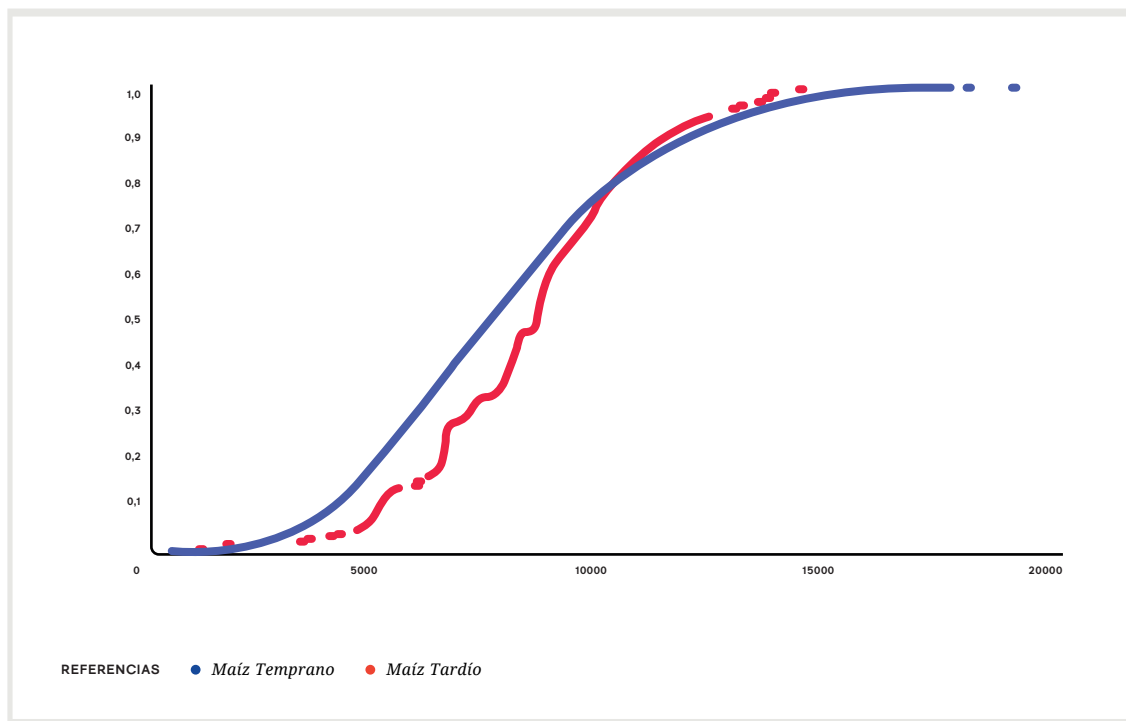


Figura 5: Rinde de maíz temprano y tardío (kg/ha) en lotes de la zona Litoral Sur, 8 campañas

	TEMPRANO	TARDÍO	DIFERENCIA	
<b>Promedio</b>	5.772	6.236	464	8%
<b>Desvío</b>	2.390	1.881	-510	-21%
<b>CV</b>	41%	30%	-11%	-
<b>Percentil 1</b>	1.330	1.275	-55	-4%
<b>Percentil 5</b>	2.300	3.544	1.244	54%
<b>Percentil 50</b>	5.529	6.300	771	14%
<b>Percentil 95</b>	10.218	9.712	-507	-5%
<b>Percentil 99</b>	12.106	10.293	-1.814	-15%

*Tabla 3: Rinde de maíz temprano y tardío (kg/ha) en lotes de la zona Litoral Sur, 8 campañas. Maíz temprano: 3.600 datos – Maíz tardío: 900 datos. El sombreado resalta el mejor valor de cada indicador.*

## II - Costos

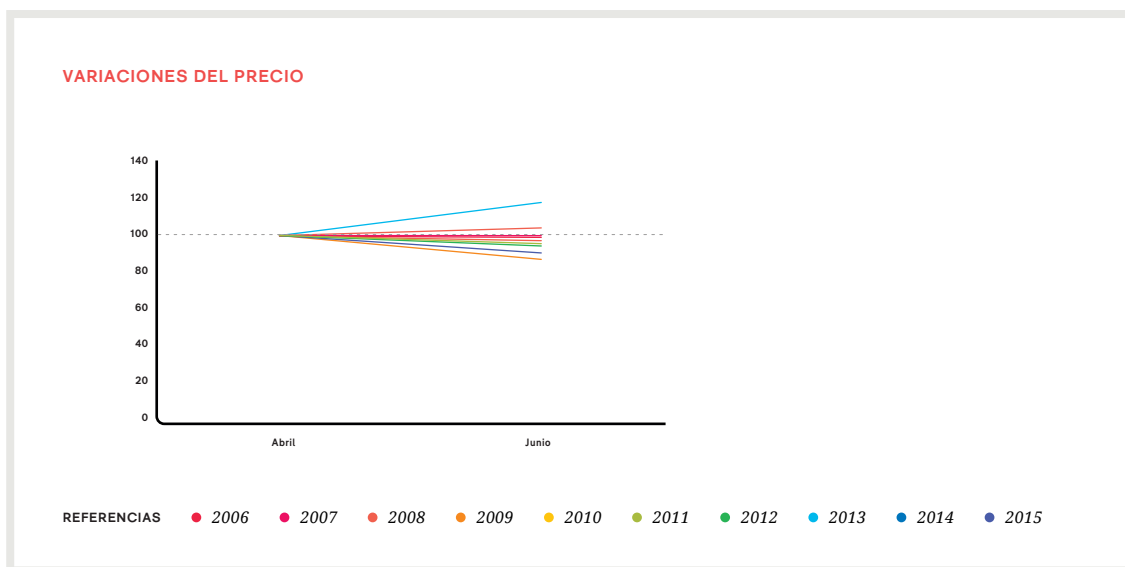
La mayor densidad de semilla usada habitualmente en maíz temprano, junto con una mayor dosis de fertilizante, llevan los gastos de implantación de este cultivo a ser entre 20 y 100 US\$/ha más altos con respecto al maíz tardío. Las diferencias por supuesto varían entre planteos y entre empresas, pero lo que se observa es que el maíz tardío se siembra con un planteo más conservador ya que en general se le destinan ambientes de menor potencial. En cambio, en los lotes seleccionados para maíz temprano se invierte de manera tal de no limitar el rendimiento para aprovechar las oportunidades de máximo rendimiento si el clima acompaña.

Por otra parte, los gastos de secada son mayores en maíz tardío ya que la siembra demorada ubica la madurez del cultivo en un período con condiciones climáticas que dificultan llegar al contenido de humedad comercial. Este mayor costo es función de la zona, la estrategia empresarial y la campaña. Cuanto más al sur se ubique una empresa, mayor será la humedad del grano en cosecha, aunque esto en parte depende de las condiciones climáticas del año (con otoños más lluviosos, los problemas de humedad son mayores). Por otra parte, este costo puede reducirse retrasando la cosecha, lo cual depende de la

estrategia empresarial que se elija, pero en ese caso habrá mayores pérdidas por quebrado o mermas de calidad. En este análisis no se consideró la alternativa de demorar la cosecha. De los registros de varias empresas surge que en promedio el maíz tardío implica dos - incluso 8- puntos más de secada.

### III - Precio

En general, los análisis económicos relativos al maíz tardío hacen hincapié en que el precio logrado en el momento de la cosecha (junio/julio) es más bajo que el obtenido en abril al cosechar el maíz temprano<sup>4</sup>. Sin embargo, simplificaciones de este tipo no siempre son correctas. La Figura 6 muestra una realidad más compleja: si se consideran las últimas 10 campañas, se comprueba que, si bien hubo más años con bajas entre abril y junio, en promedio el precio no varió significativamente. Hubo un año sin variaciones entre abril y junio, seis años con bajas y tres con alzas, y el precio en junio fue en promedio un 99% del



*Figura 6: Variaciones del precio esperado para el mes de cosecha de maíz temprano (abril) y tardío (junio). Se considera el precio*

<sup>4</sup>Si bien el mes de cosecha puede variar ligeramente según la zona –atrasándose a medida que aumenta la latitud–, el mes típico de cosecha de los lotes de fecha temprana suele considerarse abril, y junio el de los lotes de fecha tardía.



precio en abril. Como variaciones extremas, el precio mostró una baja del 12% en 2009 y una suba del 18% en 2013 en ese plazo de dos meses.

## Juntando todas las piezas

La evaluación económica de los dos planteos de producción implica juntar todas las piezas: rendimientos, precios y costos. En este caso, y a pesar de que el margen bruto no necesariamente es la mejor medida para la toma de decisiones relativas a un plan de siembras<sup>5</sup>, se eligió usar el margen bruto como medida de resultado porque es la medida en la cual suele haber menos dispersión entre empresas de potencial productivo similar. El resultado de la empresa se podrá calcular deduciendo, del margen bruto, los gastos indirectos (estructura y/o gerenciamiento) y el costo del arrendamiento. Por supuesto, los resultados que se presentan son orientativos y válidos sólo bajo los supuestos usados, y la recomendación es que cada empresa compare sus propios márgenes, reflejando su estructura particular de costos y potencial productivo de cada ambiente.

En la Figura 7 y la Tabla 6 se comparan los resultados del maíz temprano y tardío en el Oeste de Buenos Aires, en términos de margen bruto. El análisis se realizó usando simulación Monte Carlo ya que, al estar involucradas variables aleatorias, el cálculo de estimadores puntuales brindaría información incompleta.

La simple comparación de rendimientos de esta zona (Figura 4 y Tabla 2) indica una clara supremacía del maíz temprano, a pesar de la ventaja de una menor variabilidad del maíz tardío. Pero cuando se unen todas las variables y se comparan los márgenes brutos, se observa que el margen bruto del maíz tardío es superior al del maíz temprano con una probabilidad aproximada del 20%.

A pesar de que el margen bruto promedio del maíz temprano es mayor, y su potencial

---

<sup>5</sup> Hay medidas que estiman con mayor precisión los resultados de un negocio, como el valor actualizado neto. El margen bruto no incluye el costo del capital inmovilizado y, además, tampoco es un buen indicador de la sustentabilidad ecológica del planteo productivo, factor no despreciable a la hora de pensar un plan de siembras.

también, el margen bruto del maíz tardío tiene un menor desvío y un mínimo mayor. Tanto el CV como la probabilidad de ser menor o igual a cero, sin embargo, no tienen

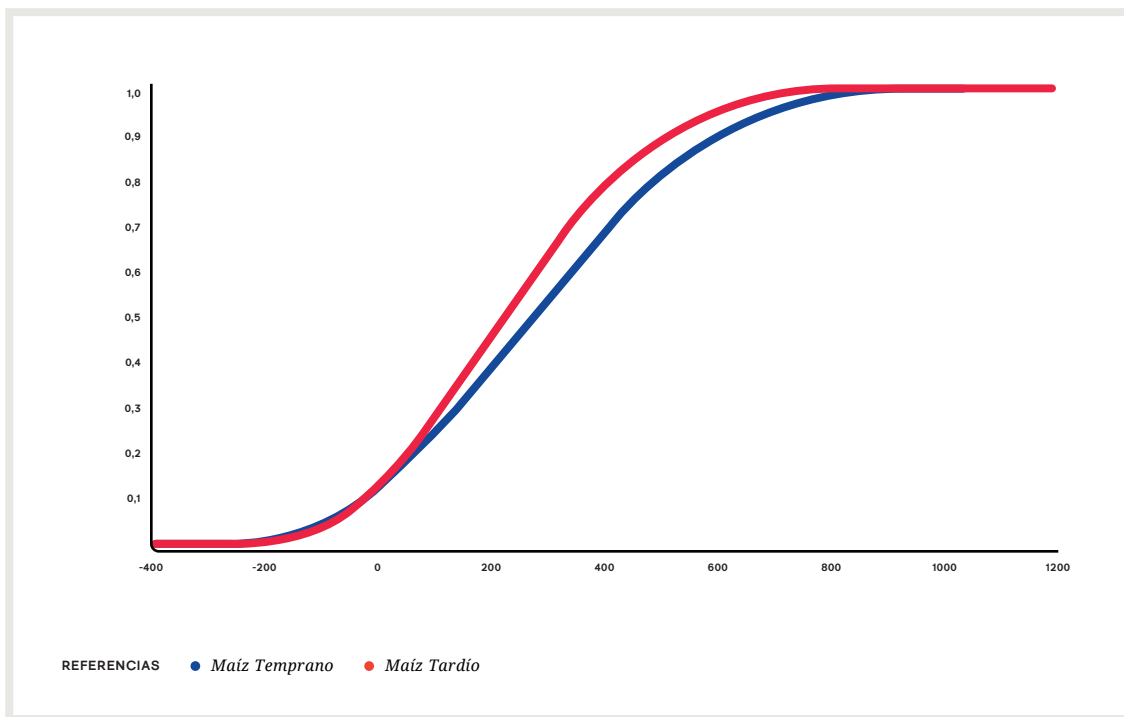


Figura 7: Margen bruto (en US\$/ha) para maíz temprano (curva azul) y para maíz tardío (curva roja) en el Oeste de Buenos Aires. Gráfico de probabilidad acumulada.

	TEMPRANO	TARDÍO	DIFERENCIA	
<b>Media</b>	281	245	-36	-13%
<b>Desvío</b>	259	220	-39	-15%
<b>CV</b>	92%	90%	-2%	-
<b>Percentil 5</b>	-121	-93	28	-23%
<b>Percentil 95</b>	715	638	-77	-11%
<b>Prob &lt;= 0</b>	15%	14%	-1%	-

Tabla 6: Margen bruto (US\$/ha) de maíz temprano y maíz tardío en Oeste de Buenos Aires. Maíz temprano: gastos de cultivo: 520 US\$/ha; puntos de secada: 1,5. Maíz tardío: gastos de cultivo: 430 US\$/ha; puntos de secada: 2,5. Datos de secada por tonelada obtenidos a partir de 370 datos de cuatro campañas (12/13 a 15/16). El sombreado resalta el mejor valor de cada indicador.

En Litoral Sur, de la mano de la mayor diferencia a favor del rendimiento del maíz tardío, el margen bruto de éste es superior al del maíz temprano con una probabilidad del 40% (figura 8). El margen bruto promedio del maíz temprano es algo mayor (menos de

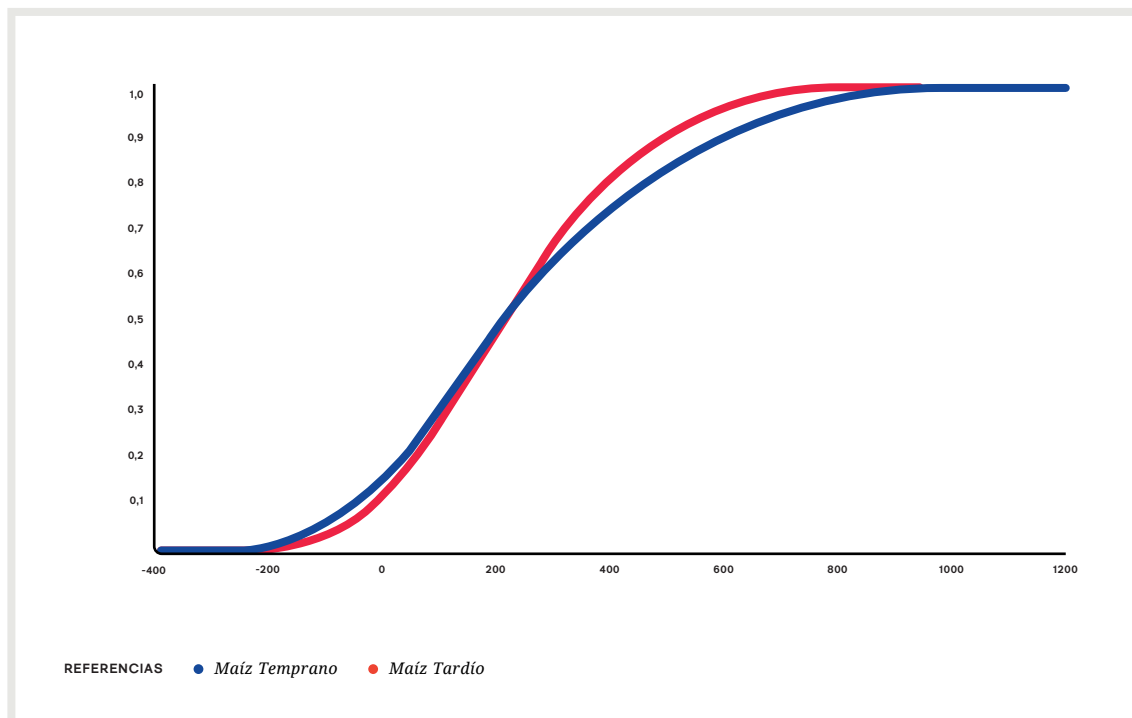


Figura 8: Margen bruto (en US\$/ha) para maíz temprano (curva azul) y para maíz tardío (curva roja) en Litoral Sur. Gráfico de probabilidad acumulada.

	TEMPRANO	TARDÍO	DIFERENCIA	
Media	247	228	-19	-8%
Desvío	248	203	-45	-18%
CV	100%	89%	-11%	-
Percentil 5	-138	-86	52	-38%
Percentil 95	697	589	-108	-15%
Prob <= 0	17%	13%	-4%	-

Tabla 7: Margen bruto (US\$/ha) de maíz temprano y maíz tardío en Litoral Sur. Maíz temprano: gastos de cultivo: 392 US\$/ha; puntos de secada: 0,5. Maíz tardío: gastos de cultivo: 376 US\$/ha; puntos de secada por tonelada: 1,5. Datos de secada obtenidos a partir de 860 datos de cuatro campañas (12/13 a 15/16). El sombreado resalta el mejor valor de cada indicador.

un 10%), pero el maíz tardío tiene ventajas en términos de desvío, CV, percentil inferior y probabilidad menor o igual a cero (Tabla 7).

## Conclusiones

La comparación de resultados económicos entre maíz temprano y maíz tardío no debería limitarse exclusivamente al análisis de diferencias en rindes esperados y gastos de implantación, ya que la distinta variabilidad de rindes y condiciones de cosecha también inciden en las cuentas. Estas últimas pueden modificarse en base a estrategias de manejo y empresariales.

Con respecto a los precios, en los últimos años fue más frecuente una baja entre abril y junio que una suba. Sin embargo, no hay una tendencia clara en este sentido y el precio promedio de las últimas campañas en abril y en junio fue prácticamente el mismo. Por otra parte, las diferencias relativas de rinde varían por zona. A pesar de eso, al combinar todas las variables, el análisis de resultados tiende a mostrar lo que se observa en la Tabla 8.

	TEMPRANO	TARDÍO
Media	+	-
Desvío	+	-
CV	+	-
Percentil 5	-	+
Percentil 95	+	-
Prob <= 0	+	-

*Tabla 8: Indicadores a favor y en contra para el margen bruto en maíz temprano y maíz tardío (el sombreado resalta el mejor valor de cada indicador)*

En todo caso, cada empresario deberá calcular sus resultados en base a sus propios datos para una conclusión más certera. Ante la situación más habitual, en la que ninguno de los dos cultivos tiene ventaja en todos los indicadores, puede ser interesante diversificar fechas de siembra. De esta manera se estabilizará el resultado del maíz en la empresa,

pero se debe tener presente que se reduce la diversificación entre cultivos, ya que el rendimiento del maíz tardío presenta una alta correlación con el rendimiento de la soja.

Debe recordarse también que la mayoría de los datos sobre los que se basa el análisis histórico de rendimientos son de lotes en los que el maíz temprano y el maíz tardío no compitieron de igual a igual, tanto por la elección del lote (los mejores ambientes suelen destinarse a maíz temprano) como por el paquete tecnológico usado (menos fertilizante, menor densidad de semillas en maíz tardío). Por el momento los modelos matemáticos, a igualdad de ambientes y planteos (modificando sólo fechas de siembra) coinciden con la experiencia a campo en indicar un rinde esperado mayor para el maíz temprano y una menor variabilidad de rinde para el maíz tardío, pero con diferencias menores de lo que los datos reales indican.

SPONSORS



ADHIEREN



Dow AgroSciences

*Soluciones para un mundo en crecimiento*