

## **Sistema Chacras**

### **Brecha productiva de maíz en la zona de influencia de la Chacra Bragado-Chivilcoy**

Ignacio Alzueta<sup>1</sup> y Andrés Madias<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GTD Chacra Bragado-Chivilcoy Aapresid

<sup>2</sup> CTZ Sistema Chacras Aapresid

Entre los miembros de la Chacra Bragado-Chivilcoy existe la percepción que, tanto para cultivos estivales como invernales, no se está aprovechando el potencial productivo del ambiente y que existe una brecha considerable entre los rendimientos logrados y los rendimientos máximos alcanzables, por lo que se plantea la necesidad de conocer en principio la magnitud de esa brecha y luego sus posibles causas para así poder diseñar estrategias para reducirla.

Se entiende por *rendimiento potencial* al rendimiento obtenido por un genotipo determinado que crece sin limitantes hídricas, ni nutricionales y libre de malezas, plagas y/o enfermedades, bajo la implementación de buenas prácticas agronómicas (Van Ittersum y Rabbinge 1997). Mientras que el rendimiento máximo alcanzable (RMA) es aquel logrado por un cultivo que crece sin limitantes nutricionales y utilizando la mejor combinación de insumos y tecnología, pero merced a las precipitaciones locales (Lobell et al., 2009). Los rendimientos promedio (Rmed) a escala de producción resultan inevitablemente menores que los potenciales, ya sea porque alcanzar estos niveles requiere una manejo de cultivo óptimo logísticamente difícil de asegurar a escala respecto al control de plagas, malezas, enfermedades, nutrición, elección de genotipos y arreglo espacial; o porque alcanzar estos niveles de rendimiento no resulta rentable (Lobell et al, 2009). De este modo, se ha observado en diversos trabajos que los rendimientos promedio tienden a lograr un máximo próximo al 75 a 85% del rendimiento máximo alcanzable limitado por la oferta de agua (Cassman, 2003; van Wart et al. 2013; van Ittersum, 2013; Grassini et al., 2013). Por lo que, si no se ha alcanzado un 80% del RMA, a futuro un posible incremento productivo dependerá de la incorporación de tecnologías y el desarrollo de estrategias de manejo para incrementar los rendimientos por unidad de superficie, haciendo un uso más eficiente de los recursos (radiación, agua, nutrientes), pero al mismo tiempo reducir los efectos negativos sobre el ambiente (Salvagiotti, 2009). Para poder diseñar estas estrategias es necesario conocer la magnitud de la brecha entre los rendimientos logrados y los rendimientos máximos alcanzables, así como de la posibilidad de identificar las causas que provocan esa brecha (Lobell et al., 2009).

Para la región pampeana se han estimado **rendimientos potenciales maíz cercanos a los 17500 kg/ha** (Salvagiotti, 2009). De acuerdo estimaciones recientes llevadas a cabo por el proyecto Global Yield Gap Atlas (GYGA; 2013), considerando las características edafo-climáticas de la zona en que se encuentra la Chacra Bragado-Chivilcoy, los rendimientos potenciales (sin limitaciones) promedio de distintas campañas estaría entre los 13600 y 16700 kg/ha para maíz y los **rendimientos máximos alcanzables** estarían entre los **11600 y 12400 kg/ha**.

Entre los productores existe la percepción de que parte de esta brecha y de las variaciones productivas podrían ser explicadas a partir de posibles limitantes químicas y físicas de los suelos en cada uno de los distintos ambientes. De acuerdo a lo expresado por técnicos y productores, parte de estas limitantes podrían estar asociadas a los modelos productivos actuales, con rotaciones con predominio de soja de 1ª y criterios de fertilización de suficiencia o que apunten a maximizar el margen del cultivo en una campaña en particular. Estas observaciones son coincidentes con estudios recientes que sugieren que el deterioro físico de los suelos, producto de rotaciones agrícolas con bajos aportes de

carbono, podrían estar limitando los niveles productivos en la región pampeana (Bacigaluppo et al., 2011; Sasal, 2012).

En este artículo presentaremos cual es la brecha de producción a nivel zonal e intentaremos profundizar en la detección de las causas de la misma dentro de uno de los ambientes de la Chacra caracterizado por la presencia de suelos Argiudoles.

### Metodología

La metodología utilizada para analizar la brecha productiva y su variabilidad consistió en un análisis basado en los resultados obtenidos en los propios lotes de los miembros de la Chacra Bragado-Chivilcoy. Para ello, se generó una base de datos con la información de más de 600 lotes de las últimas 8 campañas, la misma detalla características edáficas de los lotes, variables de manejo (densidad, fecha de siembra, fertilización, etc) y rendimiento.

**Tabla M&M.** Número de lotes analizados en este trabajo, separados por tipos de suelo.

Tipo de Suelo	# lotes
Argiudol Abrúptico	51
Argiudol Ácuico	6
Argiudol Típico	234
Hapludol Típico	208
Hapludol Éntico	37
Hapludol Tapto Árgico	57
Hapludol Tapto nátrico	6
<b>Total</b>	<b>599</b>

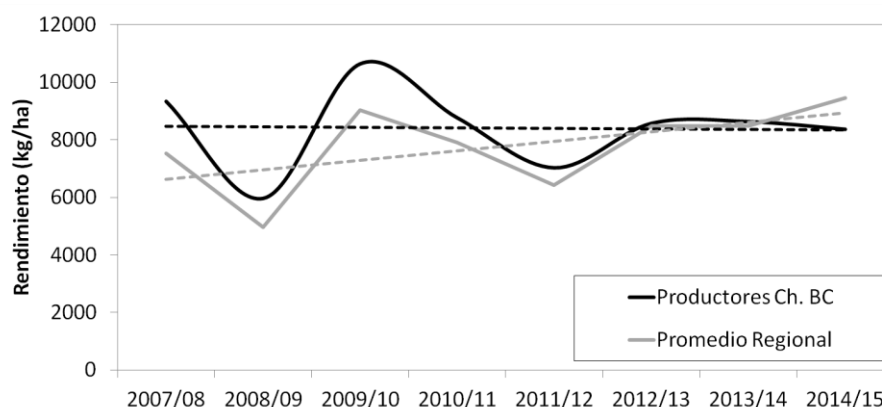
A partir de la base generada, se caracterizó tanto para los planteos de maíz temprano como tardío el rendimiento máximo alcanzable (RMA; P95), el rinde medio (Rmed; P50) y el rinde mínimo (Rmin; P05), para ello se ordenaron los rendimientos de menor a mayor y se estimó la probabilidad acumulada de ocurrencia de los mismos y se estimó la brecha productiva como:  $Brecha\ productiva\ (kg/ha) = RMA\ (P95; kg/ha) - RMed\ (P50; kg/ha)$ ; donde: P95 y P50, son los percentiles 95% y 50%, respectivamente. Para el RMA, se utilizó el P95 y no se utilizó el valor máximo absoluto para excluir casos extraordinarios.

Para evaluar la estabilidad productiva entre campañas se analizó el coeficiente de variación (CV %) de cada campaña. Para cada ambiente se realizó un análisis de la variancia para identificar los principales factores de manejo que están generando brecha en la producción.

En este artículo se presenta información sobre la cuantificación de la brecha productiva a nivel zonal y a modo de ejemplo nos centramos en profundizar sobre sus causas en uno de los ambientes edáficos de mayor difusión en la zona, los Argiudoles.

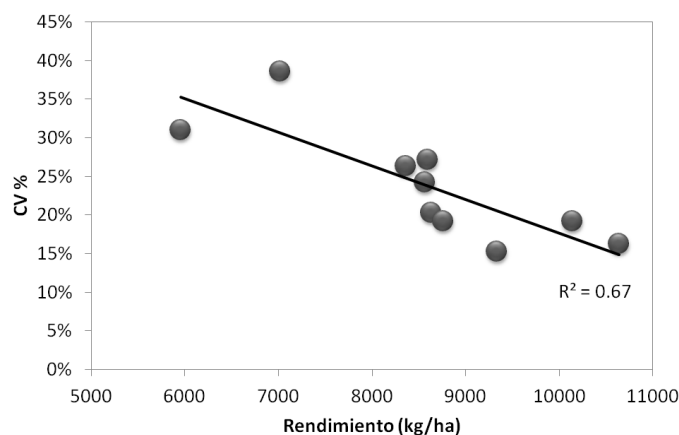
### Productividad del cultivo de maíz en la región

En la últimas 8 campañas (2007/08 a 2014/15) la productividad media de la zona mostró un incremento de unos 300 kg/ha/año (MINAGRI, 2015), mientras que en el mismo período la productividad de los miembros de la Ch. BC pareciera haberse estancado (Figura 1). Comparando los niveles de productividad se pudo observar que la productividad de los miembros de la chacra desde 2007/08 a 2009/10 fue en promedio ca. 1300 kg/ha mayor a la del promedio de la región, mientras que en las últimas tres campañas (2012/13 a 2014/15) se mostró levemente inferior, siendo 8520 vs. 8800 kg/ha, para los miembros de la chacra y el promedio de la región, respectivamente.



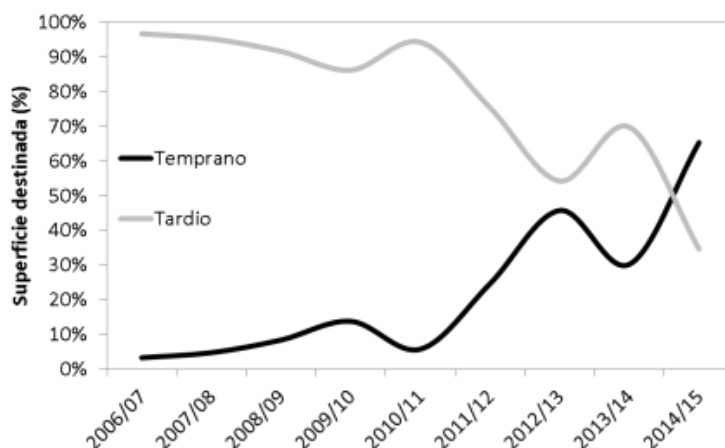
**Figura 1.** Rendimiento promedio de maíz (kg/ha) alcanzado por los productores de la Chacra Bragado-Chivilcoy comparado con el promedio a nivel zonal (Fuente MINAGRI 2015), para el período 2007/08-2014/15.

Utilizando el coeficiente de variación como medida de la estabilidad productiva, observamos que un valor medio de ca. 27% para todo el periodo analizado y que tendió a ser menor a medida que la productividad del año se incrementó (Figura 2). Por ejemplo, en los 4 años de mayor potencial productivo (>8800 kg/ha) el CV fue ca. 17%, comparado con los años donde la productividad fue media a baja (ca. 7300 kg/ha) y el CV de ca. 30%. Lo observado puede, por un lado, ser producto de que en campañas con buena disponibilidad hídrica y altas cargas de radiación (de alto potencial) las diferencias en productividad entre lotes tienden a desaparecer al disminuir las limitaciones; como también puede sugerir que en los años o ambientes más restrictivos las decisiones de manejo agronómico toman mayor importancia relativa en la definición del rendimiento de cada lote.



**Figura 2.** Relación entre el rendimiento promedio de maíz (kg/ha) alcanzado por los miembros de la Chacra Bragado-Chivilcoy y el coeficiente de variación del rendimiento de maíz (%), para el período 2007-2014.

Debido a estas “inestabilidades” productivas en años climáticamente malos y su comportamiento en otras regiones, donde se ha observado una mayor estabilidad en los rindes y sobre todo asegurando un “piso” productivo, el planteo de maíz tardío ha sido incorporado en la zona como una estrategia “defensiva” para ambientes que presentan algún tipo de limitante y/o años con pronósticos de precipitaciones desfavorables (eg. Niñas), como también por su menor necesidad de inversión y aceptables márgenes brutos durante los últimos años. La proporción de lotes destinados a este planteo paso de ser menor al 10% hasta la campaña 2010/11 para luego a ir incrementando año a año desde dicha campaña, hasta llegar a ser 50% en las últimas campañas.



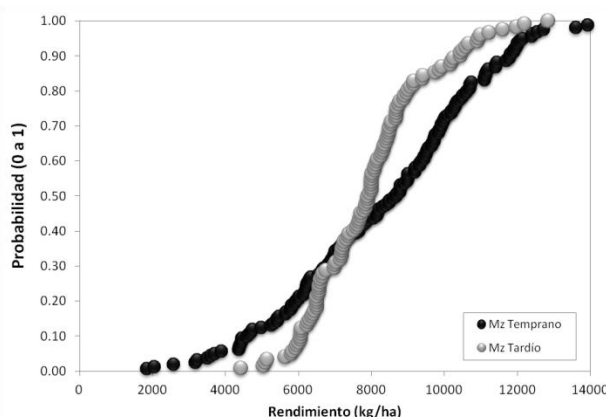
**Figura 3.** Evolución de la proporción de lotes destinados a planteos de maíz temprano y tardío por los miembros de la Chacra Bragado-Chivilcoy para el periodo 2006/07-2014/15.

**Brecha productiva en Maíz: ¿Dónde estamos parados? ¿Hay oportunidades para mejorar?**

El cultivo de **maíz temprano** presentó un RMA para toda la región de ca. 12100 kg/ha, mientras que el Rmed fue de ca. 8700 kg/ha, siendo los valores de RMA similares a los presentados por GYGA (2013), quienes determinaron con modelos de simulación agronómica el RMA de la zona en ca. 11600-12400 kg/ha. Estos valores nos permitieron determinar que la brecha productiva actual oscila en ca. 3500 kg/ha; a su vez se observó un CV de ca. 32% y un piso productivo (Rmin) de 3883 kg/ha (Tabla 1; Figura 4). Por su parte, el planteo de **maíz tardío**, mostró un RMA para toda la región de ca. 11000 kg/ha, mientras que el Rmed fue de ca. 8000 kg/ha, siendo la brecha de ca. 3000 kg/ha, por lo que el Rmed representa un 73 % del RMA. A su vez, se observó una variabilidad marcadamente menor al maíz temprano con un CV de 20% y un piso productivo de mayor, alcanzando un valor de 5834 kg/ha (Tabla 1; Figura 4). Si bien el planteo de maíz tardío mostró tener menor variabilidad y un mayor piso de rinde respecto al de maíz temprano, para la región de la chacra B-C, solo en el 30-40% de los peores casos igualan o superan en rinde a los maíces tempranos, en el restante 60-70% los maíces tempranos obtuvieron mayor rendimiento.

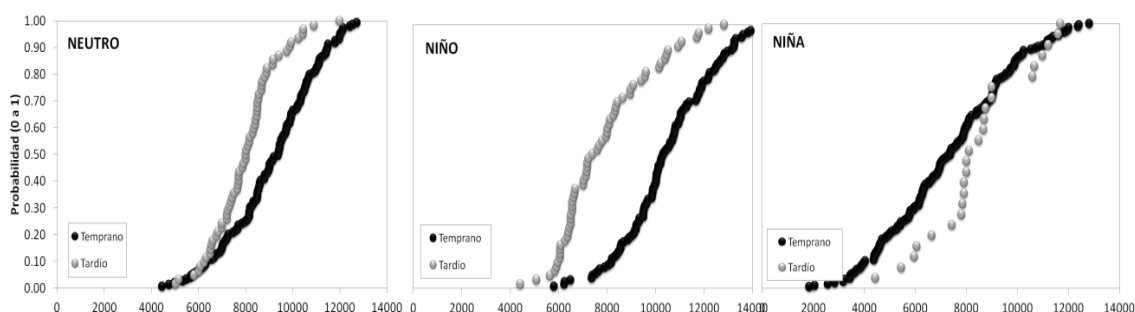
**Tabla 1.** Valores a nivel regional del rinde máximo alcanzable (RMA; P95); rinde medio (Rmed; P50), brecha productiva (P95-P50), rinde mínimo (Rmin, P05), variabilidad productiva (P95-P05) y número de casos (n), para los cultivos de maíz temprano y tardío, desde la campaña 2011/12 hasta la 2014/15.

	<b>Maíz Temprano</b>	<b>Maíz Tardío</b>
RMA (P95; kg/ha)	12152	10925
Rmed (P50; kg/ha)	8694	7928
Brecha (kg/ha)	3458	2998
Brecha (%RMA)	72	73
Rmin (P5; kg/ha)	3883	5834
CV (%)	32	20
Lotes (n)	160	122



**Figura 4.** Probabilidad acumulada del rendimiento (kg/ha) alcanzado por los miembros de la Chacra Bragado-Chivilcoy para el periodo 2007-2014.

Luego se analizó como fue la productividad tanto de los planteos de maíz temprano como los planteos de maíz tardío de acuerdo a la fase del ENSO que atravesó cada cultivo. Del mismo se pudo observar que aproximadamente el 80% de los casos analizados en donde el rinde fue menor a 7500 kg/ha, el planteo de maíz tardío supera al de temprano y ocurrieron en años caracterizados climáticamente como NIÑA (Figura 5), los cuales se caracterizan por sufrir prolongados periodos de escasez de precipitaciones durante el periodo crítico de los maíces. Por otro lado, en los años caracterizados como NIÑO los planteos de maíz temprano superaron a los de tardío en todos los casos, cualquiera sea el ambiente, mientras en los años NEUTROS solo igualaron en el 10% de los peores casos, a medida que el ambiente mostro mayor productividad (>P10), el planteo de maíz temprano se destacó por sobre el tardío (Figura 5).



**Figura 5.** Probabilidad acumulada del rendimiento (kg/ha) alcanzado por los miembros de la Chacra Bragado-Chivilcoy para los planteos de maíz temprano y tardío, dividido de acuerdo a las tres fases del ENSO (NEUTRO; izq, NIÑO; cen, y Niña; der) para el periodo 2007-2014.

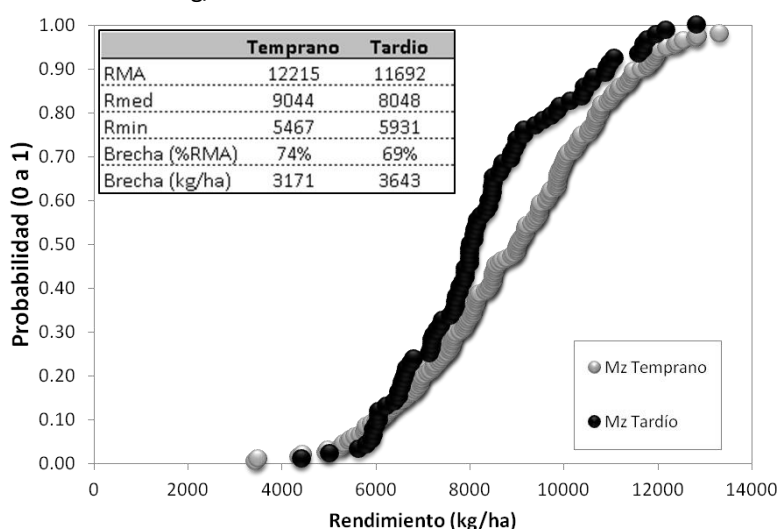
**¿Cuáles son las causas de la brecha existente en suelos Argiudoles de la zona?**

Como se mencionó anteriormente, en este artículo solo detallaremos lo observado en uno de los 5 mega ambientes de estudio de la Chacra Bragado-Chivilcoy, particularmente los ambientes donde predominan suelos clasificados como Argiudoles y presentan condiciones de alta productividad. Dentro de este grupo de suelos se destaca la presencia de: Argiudoles típicos, Argiudoles abruptos y Argiudoles, ácuicos y Argiudoles nátricos. Las series de suelo que predominan son: Chacabuco, Henry Bell, O’Higgins y Arroyo Dulce; las cuales, excepto algún caso, muestran índices de productividad elevados (>80) y tienen como limitante el riesgo de encharcamientos y según la posición riesgos de erosión hídrica o influencia negativa de napa/sodio.

Si bien el 75% de la variabilidad en los rendimientos del cultivo de maíz fue explicado por la campaña agrícola (radiación, precipitaciones, temperatura) y el ambiente edáfico. A continuación intentaremos

detallar cuáles fueron las medidas de manejo que pueden considerarse las causantes de la brecha productiva en este tipo de ambientes.

Coincidiendo con lo previamente conocido, este ambiente mostro un muy buen comportamiento para la producción de maíz, tanto en planteos de temprano como tardío. Se registraron mayores RMA y Rmed en los tempranos y Rmin (“piso”) mayor en los tardíos. Es destacable el hecho de que las posibilidades de superar la productividad de un planteo de maíz temprano por parte de uno de tardío son menores al 10%. Al cuantificar la **brecha productiva**, la misma fue mayor en tardíos que en tempranos, tanto en kg/ha como en % respecto al RMA (Figura 6). Existe un margen de mejora en los rendimientos en 5 y 15 puntos porcentuales para alcanzar un nivel productivo al cuál deberíamos aspirar (85% del RMA, ver introducción) y que nos indicaría que estamos realizando un manejo agronómico adecuado, en grano estamos hablando de unos 2000 kg/ha.



**Figura 6.** Probabilidad acumulada del rendimiento (kg/ha) para los planteos de maíz temprano y tardío en Argüdoles durante las campañas 2011-2014. Inset: valores a nivel regional del rinde máximo alcanzable (RMA; P95); rinde medio (Rmed; P50), brecha productiva en kg/ha (P95-P50) y % del RMA logrado para cada planteo productivo.

A pesar de este comportamiento, como hemos presentado anteriormente, en los últimos 4 años se ha incrementado notablemente la proporción de maíces tardíos hasta alcanzar ca. 50% de los lotes destinados a maíz. Una de las posibles causas de esto, es el riesgo de anegamiento elevado que enfrentaron los productores en las últimas campañas durante la época de siembra e implantación de los maíces tempranos. Por ejemplo, en la caracterización ambiental realizada para la Chacra B-C), se detalla para las series de argüdoles Chacabuco y Rawson (representativas de la zona), que el riesgo de anegamiento en años niños durante la época de siembra de los maíces tempranos (Sept-oct) alcanza niveles del 35 a 50%, por lo que para disminuir el riesgo de pérdidas importantes en el cultivo, los planteos de maíz tardío puede ser una herramienta muy importante.

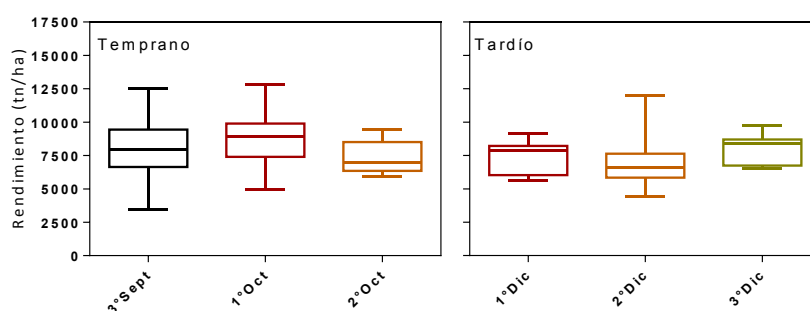
El **cultivo antecesor** tuvo una fuerte influencia en el rendimiento del maíz. Los **lotes que tuvieron como antecesor a un doble cultivo (trigo o cebada/Soja 2da), mostraron ca. 1200-1800 kg/ha más que los que provienen de Soja de 1ra.** Siendo similar la proporción de lotes que vienen de ambos cultivos en el caso de los tardíos (ca. 50%), pero notablemente menor la proporción que vienen de doble cultivo en los casos de maíces tempranos (ca. 33%). El doble cultivo podría estar generando mejores condiciones para la recarga de agua durante el periodo de barbecho (> infiltración del agua de lluvia, < evaporación de agua del suelo) y supresión de malezas, que en su conjunto estén mejorando el ambiente para el cultivo de maíz.

**Tabla 2.** Rendimiento medio y porcentaje de lotes sembrados por antecesor, para los cultivos de maíz temprano y tardío, desde la campaña 2011/12 hasta la 2014/15.

Antecesor	Temprano		Tardío	
	Rto (kg/ha)	%lotes	Rto (kg/ha)	%lotes
Soja 1°	8217	67%	7754	43%
Soja 2°	10044	33%	8890	57%
Diferencia	1827		1137	

Respecto a la **genética** utilizada por los productores de la chacra B-C, no se pudo caracterizar detalladamente, debido a que en la base de datos generada no se informó el híbrido utilizado en el 100% de los lotes. Igualmente, se pudo observar que se destacaron entre los híbridos “tradicionales”, DK 190, AX886 y DK 747 en los planteos de maíz temprano y DK 747, AX886 y AX 852 entre los planteos de maíz tardío mientras que entre los híbridos “modernos”, pero con un número bajo casos, se destacaron DK 7210, DK7310, DM 2738 y Sy 900. En cuanto a los eventos transgénicos que se utilizan, el 100% cuenta con alguno de los eventos de protección ante insectos (MG, HX), el 60% eventos para tolerancia a glifosato (RR o RR2) y un 21% eventos para tolerancia a imidasolinonas (CL, HCL).

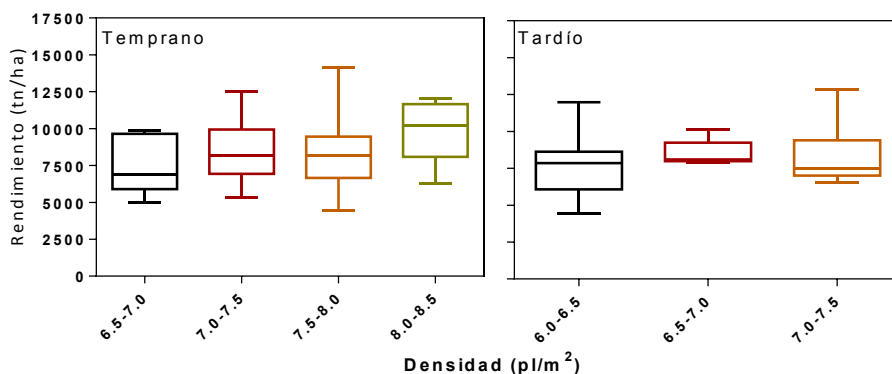
En cuanto a las **fechas de siembra** utilizadas, se pudo observar que el 45% de los lotes destinados a **maíz tempranos** fue sembrado en los últimos 10 días de septiembre, un 40% los 10 primeros días de octubre y el restante 15% entre el 10 y 20 de octubre. Siendo **la fecha de principios de octubre la que mostró los mayores rindes promedio (ca. 8600 kg/ha) y menor variabilidad**, seguido por las fechas de fines de septiembre (ca. 8000 kg/ha) y finalmente los segundos 10 días de octubre (ca. 7300 kg/ha). Mientras que en los **maíces tardíos**, las fechas de siembra de los últimos 10 días de diciembre lograron los mayores rindes promedios y menor variabilidad (8000 kg/ha) seguido por las fechas de siembra de los primeros 10 días de diciembre (7500 kg/ha) y finalmente, siendo menor entre el 10 y 20 de diciembre (7000 kg/ha).



**Figura 7.** Rendimiento (kg/ha) para los planteos de maíz temprano y tardío, según la fecha de siembra, la misma fue categorizadas cada 10 días desde el 1° de septiembre, en ambientes donde predominan argiudoles, durante las campañas 2011-2014.

En cuanto a la **densidad de siembra**, se encontró una tendencia a utilizar un mayor número de plantas en los planteos de maíz temprano respecto a los tardíos (7,4 vs 6,4 pl/m<sup>2</sup>, respectivamente). En los maíces tempranos fue la densidad entre 8,0-8,5 pl/m<sup>2</sup> la que mayores rindes promedio mostro (9800 kg/ha), aunque solo fue utilizada en ca. 30% de los casos, mientras que en los tardíos las densidades entre 6,5-7,0 pl/m<sup>2</sup>, fue utilizada solo por ca. 15% de los casos y fue la que mostró el mayor rinde medio (8500 kg/ha) y menor variabilidad. De aquí se puede destacar que el ajuste de la densidad, podría ser un

punto importante a analizar en profundidad para ver su impacto sobre la brecha productiva de los miembros de la Chacra B-C.



**Figura 8.** Rendimiento (kg/ha) para los planteos de maíz temprano y tardío, según la densidad de siembra, categorizada cada 0,5 plantas/m<sup>2</sup>, durante las campañas 2011-2014.

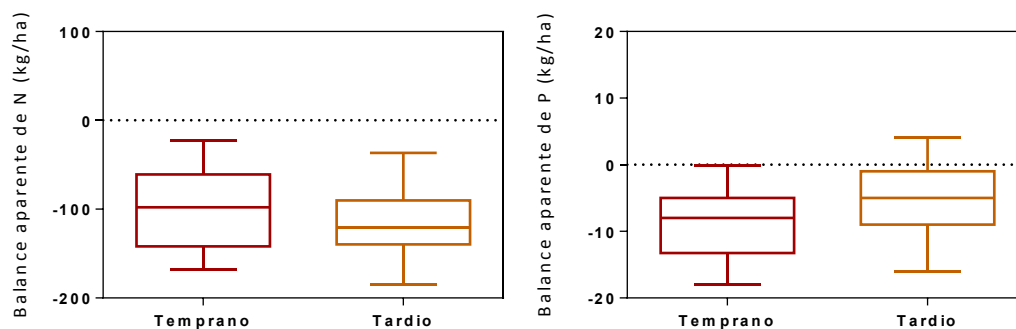
En cuanto al **planteo nutricional**, el promedio de N y P logrado en maíces tempranos fue de 153 kgN/ha y 22 ppm de P/ha; y en los planteos de maíz tardío se alcanzó un nivel de N logrado de 137 kg/ha y 24 ppm de P/ha. Los niveles de N en suelo a la siembra de los maíces tardíos fueron superiores a los de los maíces tempranos (77 vs 65 kgN/ha, respectivamente), lo cual junto al menor N objetivo repercute en menores dosis de N aplicado. Al analizar los **lotes de maíz temprano que mejores rindes obtuvieron** (20% mejores), se observó que los rindes se maximizaron **cuando se lograron 160 kgN/ha y 25 ppm de P**; mientras que el 20% de los peores lotes alcanzó solamente 140 kgN/ha y 22 ppm de P. Para el caso de los **maíces tardíos, los mejores rindes se obtuvieron con un N y P logrado en promedio de ca. 145 kgN/ha y 25 ppm**, mientras que el 20% de los peores lotes alcanzó solamente 135 kgN/ha y 20 ppm de P.

**Tabla 4.** Niveles de nutrientes en el suelo, aplicados y logrados (total) utilizados en planteos de maíz temprano y tardío, desde la campaña 2011/12 hasta la 2014/15.

	Temprano		Tardío	
N Suelo (kg/ha)	65	± 20	77	± 22
N apl (kg/ha)	82	± 27	56	± 27
N logrado (kg/ha)	153	± 13	137	± 13
P suelo (ppm)	15	± 8	15	± 8
P logrado (ppm)	22	± 9	24	± 8

Al contrastar la extracción de nutrientes con lo que se aplicó en cada lote pudimos observar que el balance aparente de N en el 100% de los casos fue negativo y mientras que el de P fue negativo en el 86% de los casos. Este hecho nos pone en alerta sobre la degradación del estado nutricional de nuestros ambientes y nos hace preguntarnos si nuestro pool de mineralización (MO) ha disminuido a lo largo de los años.





**Figura 8.** Balance aparente de nitrógeno (izq.) y fósforo (der.) para los planteos de maíz temprano y tardío, en ambientes donde predominan argiudoles, durante las campañas 2006-2014.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se presentan las combinaciones de manejo agronómico que presentaron los máximos rendimientos en ambientes con suelos Argiudoles.

		<b>Temprano</b>	<b>Tardío</b>
Proporción de mejores rindes de acuerdo al ENSO	NIÑO	90-95%	10-15%
	NEUTRO	80-85%	15-20%
	NIÑA	50-60%	50-40%
Antecesor	Trigo/Sj 2da		
Genética	DK190-AX886-DK7210	DK747-AX852-DK7210	
Eventos	100 % MG-HX		
F de Sba	1° Oct	3° Dic	
Densidad (pl/m <sup>2</sup> )	8.0-8.5	6.5-7.0	
N log (kg/ha)	>150	>135	
P log (ppm)	22	20	

### Comentarios finales

- La productividad de maíz de los productores de la Chacra Bragado-Chivilcoy se ha estancado en las últimas campañas, siendo el rendimiento promedio de 8400 kg/ha.
- La brecha productiva es **mayor en años normales a malos**, en los que el manejo agronómico toma un mayor peso relativo sobre la productividad del cultivo.
- La brecha productiva para el cultivo de maíz temprano es de **3458 kg/ha y representa un 72% del RMA**, mientras que en maíz tardío la brecha productiva es de **2998 kg/ha, representando un valor promedio de 73% del RMA**, aunque con años en particular que están en promedio muy cerca del RMA. Esto nos indica que **existe potencial de mejora del rinde aproximado del 5-10%**.
- Los planteos de maíz temprano mostraron productividades mayores a los tardíos en años caracterizados como NIÑO y NEUTRO, mientras que en años NIÑA, el planteo de tardíos cobran importancia sobre todo en los ambientes más restrictivos.
- El **antecesor Trigo/Soja 2<sup>da</sup>** mostro siempre mejores resultados que el antecesor Soja de 1ra en los maíces que fueron cultivados luego, sean estos tempranos (ca. 2000 kg/ha) o tardíos (ca. 1200 kg/ha) en todos los ambientes analizados.
- En general entre los maíces tempranos sembrados a principios de octubre tuvieron los mejores comportamientos en rinde y menor variabilidad. Mientras que en los tardíos fueron las fechas de mediados de diciembre en adelante las que mostraron mejores resultados.
- La **densidad de siembra** entre 8,0-8,5 pl/m<sup>2</sup> se adapta muy bien en los maíces tempranos, mientras que en los tardíos la densidad entre 6,5-7,0 pl/m<sup>2</sup> suelen presentar la mejor relación entre mayores rindes y menor variabilidad. No obstante las densidades más utilizadas suelen ser menores a estas, siendo este un punto a tener en cuenta para acortar la brecha productiva.
- El **manejo nutricional** parece ser deficitario ya que los balances aparentes de N y P son claramente negativos, sumado a que los mejores rendimientos en cada uno de los ambientes se alcanzan con dosis que superan a las medias utilizadas, parecen indicar que los objetivos de fertilización están siendo bajos para maximizar los rindes, sobre todo los de nitrógeno.

### Bibliografía

- Bacigaluppo, S.; Bodrero, M.; Balzarini, M.; Gerster, G.; Andriani, J.; Enrico, J.; Dardanelli, J., 2011. Main edaphic and climatic variables explaining soybean yield in Argiudolls under no-tilled systems, *European Journal of Agronomy* 35 (2011) 247– 254.
- Cassman, KG, Dobermann A, Walters DT and Yang H. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Reviews of Energy an Environment* 28:315-358.
- GYGA , 2013. Global Yield Gap Atlas. [www.yieldgap.org](http://www.yieldgap.org)
- Lobell, D., Cassman, K., Field, C. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes and causes. . *Annual Review of Environment and Resources*, 34:4.1-4.26.
- Salvagiotti, F. 2009. Rendimientos potenciales en maíz. Brechas de producción y prácticas de manejo para reducirlas.
- Sasal, MC. 2012. Factores condicionantes de la evolución estructural de suelos limosos bajo siembra directa. Efecto sobre el balance de agua. Tesis de Doctorado de la Universidad de Buenos Aires.
- Van Ittersum MK, Rabbinge R. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Res.*52:197–208
- Van Ittersum, M. K., Cassman, K. G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., & Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—a review. *Field Crops Research*, 143, 4-17.
- Van Wart, J., Kersebaum, K. C., Peng, S., Milner, M., & Cassman, K. G., 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*, 143, 34-43.