

¿Cómo mejorar el rendimiento y margen bruto de maíz en ambientes con napa del sudeste de Córdoba, Argentina?

Alejo Ruiz¹, Federico Pagnan², Cecilia Cerliani³, Gabriel Espósito³, y Tomás Coyos¹

- *La oferta hídrica actual (precipitaciones + napa) plantea el desafío de convertir la mayor cantidad de agua en biomasa para mejorar el sistema productivo y disminuir riesgos de anegamientos.*
- *Es necesario optimizar la densidad de siembra de maíz conjuntamente con la fertilización nitrogenada para mejorar la productividad de los ambientes sin déficit hídrico.*
- *Incrementos en la densidad de siembra y en el N permitieron aumentar el rendimiento y el margen bruto en un 13% y 15% respectivamente, disminuyendo además el riesgo de exceso hídrico.*

Introducción

En los últimos años, la región pampeana argentina se vio afectada por excedentes hídricos y ascenso de las napas freáticas (Bertram y Chiacchiera, 2014). Esta problemática impulsó a productores del sudeste de Córdoba a unirse y convocar a Sistema Chacras de Aapresid (<http://www.aapresid.org.ar/sistemachacras/>), con la finalidad de encontrar una solución a la problemática bajo un sistema coordinado de trabajo. El presente artículo surge de los resultados experimentales de una de las líneas de investigación que actualmente integra el proyecto llamado “Chacra Justiniano Posse”. El mismo tiene como objetivo desarrollar tecnologías que tiendan a convertir la oferta hídrica en producción vegetal que mejore el sistema productivo/empresa agropecuaria. El desafío es mejorar la productividad del sistema en su conjunto y disminuir riesgos de anegamientos temporarios y permanentes a través del aumento del consumo de agua. La problemática es abordada en dos niveles. Uno a nivel rotacional (ajuste de intensidad y diversidad de cultivos), y otro a nivel de cultivo individual (ajuste de tecnologías específicas sobre cada uno). En el presente trabajo se mostrarán resultados relacionados con tecnologías de ajuste de maíz en siembras tempranas.

Los sistemas productivos de la zona están basados en maíz, soja y trigo principalmente. El maíz de fechas tempranas ocupa un lugar hegemónico dentro de la rotación por su generoso aporte de carbono (C) y su rentabilidad actual. Los dos factores que principalmente limitan la producción del maíz en la región pampeana son la oferta de agua y de nitrógeno (N) (Maddonni et al., 2003). La napa freática puede constituirse en un factor de incremento de la productividad debido a la disponibilidad hídrica en la franja capilar que puede aportar más de 200 mm (Cisneros et al., 2014). En la región pampeana se reportaron aportes de agua por parte de napas de hasta el 25% de la demanda en alfalfa (Dardanelli y Collino, 2002) y el 50% de soja (Cisneros et al., 2013). Nossotto et. al (2009) obtuvieron los máximos

rendimientos relativos de maíz cuando la profundidad promedio de la napa freática se ubicó entre 1.4 a 2.4 m, determinando disminuciones de rendimiento con profundidades menores, probablemente asociado a efectos de anoxia radical y/o salinidad. En segundo lugar, el factor que limita la producción es el N (Maddonni et al., 2003; Echeverría et al., 2015), afectando la tasa de expansión foliar, la eficiencia de intercepción de la radiación (Uhart y Andrade, 1995), y en consecuencia, la tasa de crecimiento y el número de granos.

La densidad de siembra es una práctica de manejo cuyo ajuste es complejo, debido al alto costo de la semilla, y a la interacción con el ambiente y el genotipo. El maíz presenta una densidad de siembra óptima que maximiza el rendimiento (Capristo et al., 2007), y ésta varía de acuerdo a la calidad ambiental. En general, ambientes de mayor potencial maximizan su rendimiento con mayores densidades (Horbe et al., 2013).

En la región este de Córdoba, la densidad comúnmente utilizada en siembras tempranas es de 75 000 semillas ha⁻¹, con niveles de N aplicados que rondan los 100 kg ha⁻¹. La disponibilidad hídrica y el manejo actual sugieren que podrían aumentarse los rendimientos y el margen bruto del maíz a través del incremento de la densidad de siembra y las dosis de N contribuyendo además a un aumento del consumo de agua y aporte de C al sistema.

Los objetivos del presente trabajo son: a) Evaluar el impacto de variaciones en densidad de siembra y dosis de N sobre el rendimiento y margen bruto del cultivo de maíz en ambientes de alta productividad con influencia de napa freática y b) Generar un modelo de respuesta de rendimiento que contemple la interacción entre la densidad de siembra y el N aplicado para estos ambientes del sudeste de Córdoba.

Materiales y métodos

Se realizaron seis ensayos a campo próximos a la localidad Justiniano Posse (Departamento Unión, provincia de

¹ Sistema Chacras, Aapresid

² AER Justiniano Posse, INTA

³ Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC

Autor de contacto. Correo electrónico: alejorzh@gmail.com

Tabla 1. Características y manejo de los sitios experimentales.

N°	Sitio	Campaña	----- Suelo -----			Fecha de siembra	Genotipo	Antecesor	-- Arrancador* --				Fecha de fertilización
			Serie	Clasificación	Clase				N	P	S	Zn	
1	Cooperativa Agrícola	15/16	Monte Buey	Argiudol Típico	IIc	08-oct	DK7210	Trigo/Soja	17	25	14	1.4	04-nov
2	Agroservicios	16/17	Ordoñez	Hapludol Típico	IIc	23-oct	DK7210	Trigo/Soja	15	30	14	-	03-dic
3	Pérez	16/17	Monte Buey	Argiudol Típico	IIc	10-oct	DK7210	Soja	15	30	14	-	23-nov
4	Rosso	17/18	Ordoñez	Hapludol Típico	IIc	19-sep	DK7310	Trigo/Soja	14	21	12	1.2	13-nov
5	La Comarca	17/18	Monte Buey	Argiudol Típico	IIc	16-sep	DK7210	Trigo/Soja	14	21	12	1.2	20-oct
6	Lucarelli	17/18	Monte Buey	Argiudol Típico	IIc	05-oct	DK7310	Trigo/Soja	16	25	14	1.4	06-nov

* Expresado en kg ha⁻¹

Córdoba, Argentina), en las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18. Los suelos corresponden a Hapludoles y Argiudoles típicos, serie Ordóñez y Monte Buey, respectivamente, pertenecientes a la clase de capacidad de uso IIc (INTA, 1986), manejados bajo siembra directa y los antecesores fueron soja o trigo/soja dependiendo del sitio. La fecha de siembra varió entre fines de septiembre y mediados de octubre. Los genotipos utilizados fueron 'DK 7310 VT3PRO' y 'DK 7210 VT3PRO' dependiendo del sitio. La siembra se realizó a una distancia entre líneas de 52.5 cm, aplicando en todos los casos N, P y S y en algunos Zn en la línea de siembra (**Tabla 1**).

Previo a la siembra se tomaron muestras de suelo de tres profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm, compuestas cada una por 20 sub-muestras o piques para realizar los siguientes análisis en laboratorio: (i) 0-20 cm: Materia orgánica (%), N anaeróbico (Nan), N de nitratos (N-NO₃), P Bray, conductividad y pH; (ii) 20-40 y 40-60 cm: N de nitratos (N-NO₃). Además, se midió el contenido de agua en el perfil hasta los 2 metros de profundidad o hasta donde se encontraba saturado por la presencia de la napa freática y en cada sitio, se colocó un freatímetro para realizar un seguimiento de la misma.

Se utilizó un diseño experimental en bloques completos aleatorizados, con arreglo en parcelas divididas con dos repeticiones. Se establecieron 4 niveles de fertilización (factor principal): 0 kg N ha⁻¹, 60 kg N ha⁻¹, 120 kg N ha⁻¹ y 180 kg N ha⁻¹. La fertilización nitrogenada se realizó con urea incorporada en el entresurco cuanto los cultivos se encontraban en V4-V8. A su vez, dentro de cada nivel de fertilización se sembraron 4 franjas con densidades objetivo (factor secundario) diferentes: 50 000, 80 000, 100 000 y 130 000 semillas ha⁻¹.

Previo a la cosecha se midió la densidad de plantas lograda en los diferentes tratamientos. El rendimiento se determinó por cosecha mecánica y se corrigió a 14.5% de humedad.

Los datos se analizaron estadísticamente con el programa InfoStat (Di Rienzo et al, 2017). Se realizó una ANAVA para evaluar la interacción entre densidad y dosis de N. Se modeló la respuesta del rendimiento a la variación de la densidad y la dosis de N como un polinomio de segundo grado según la **Ecuación 1**:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 D + \beta_3 N^2 + \beta_4 D^2 + \beta_5 ND + \varepsilon \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde Y es el rendimiento del maíz (kg ha⁻¹), β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 y β_5 , son los parámetros de la ecuación de regresión, D es la densidad de siembra (miles de plantas ha⁻¹), N es la disponibilidad de N (expresada como dosis + N de nitratos a la siembra, kg ha⁻¹), y ε es el término de error de la regresión.

Se calculó el margen bruto para diferentes tratamientos y se determinó la densidad óptima económica y disponibilidad de nitrógeno objetivo para diferentes precios de maíz. Se consideraron eficiencias de logro de stand de plantas 95%, precios actuales de urea (US\$ 400 ton⁻¹), bolsa de semillas (US\$ 200 bolsa⁻¹), alquiler (US\$ 600 ha⁻¹), grano de maíz (US\$ 156 ton⁻¹), labor de siembra, pulverizaciones y fitosanitarios (US\$ 280 ha⁻¹) y gastos de cosecha y comercialización (7% y 21% de la producción respectivamente). Se considera la densidad óptima económica como aquella por encima de la cual mayores densidades no redundarán en un beneficio económico.

Descripción campaña climática

En las tres campañas analizadas se observaron diferencias en las precipitaciones totales acumuladas y en su distribución. En la campaña 2015/16 fueron superiores al promedio histórico y se distribuyeron regularmente a lo largo del ciclo de maíz. En la 2016/17 fueron ligeramente inferiores a las históricas, registrándose un periodo de sequía en el mes de noviembre y en la primera quincena de diciembre. Mientras que en la campaña 2017/18, las precipitaciones fueron muy inferiores a los valores

Tabla 2. Precipitaciones quincenales (mm) de septiembre a febrero en la localidad de Justiniano Posse para las tres campañas de estudio y precipitaciones medias históricas (últimas 30 campañas).

Campaña	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Total
	1 ^{ra}	2 ^{da}	1 ^{ra}	2 ^{da}	1 ^{ra}	2 ^{da}	1 ^{ra}	2 ^{da}	1 ^{ra}	2 ^{da}	1 ^{ra}	2 ^{da}	
2015/16	7	0	25	30	55	115	56	58	109	20	23	194	692
2016/17	0	4	73	73	17	0	5	164	108	23	33	96	596
2017/18	35	53	9	25	34	46	23	184	8	25	0	3	445
Histórico	43		92		125		141		124		123		648

Tabla 3. Resultados de los análisis químicos y contenido hídrico en los diferentes sitios.

Nº	Sitio	Agua útil a la Siembra	MO %	N-NO ₃ kg ha ⁻¹	Nan mg kg ⁻¹	P-Bray mg kg ⁻¹	pH	Prof. napa* m
1	Coop. agrícola	100%	2.60	74	-	17	-	1.0 - 1.5
2	Agroservicios	100%	2.34	59	39	11	6.0	0.7 - 2.0
3	Pérez	91%	2.35	63	43	8	6.0	1.5 - 3.0
4	Rosso	100%	3.73	60	50	11	5.5	1.0 - 2.5
5	La Comarca	100%	3.03	55	60	12	5.9	0.7 - 2.5
6	Lucarelli	100%	2.66	69	56	17	5.7	1.5 - 3.5

*Rango de variación de la profundidad de la napa durante el ciclo del cultivo de maíz.

históricos, ocurriendo una sequía muy marcada en los meses de enero y febrero (Tabla 2).

Descripción de suelos y napa freática

Debido a las precipitaciones de septiembre – octubre, todos los sitios se encontraban en capacidad de campo o próximo a ello al momento de la siembra (Tabla 3). Los contenidos de materia orgánica variaron entre 2.3% y 3.0% y los valores de Nan entre 40 y 60 mg kg⁻¹. Los niveles de fósforo se encontraron bajos, especialmente en el sitio Pérez. Respecto al N los contenidos variaron entre 60 y 70 kg ha⁻¹. En todos los sitios la napa fluctuó a profundidades aprovechables por los cultivos.

Resultados

Rendimientos

El rendimiento medio logrado considerando todos los sitios y tratamientos fue de 12 665 kg ha⁻¹. Los rendimientos mínimos se obtuvieron en los tratamientos sin fertilizar (testigos) y variaron entre 9500 y 11 200 kg ha⁻¹ dependiendo del sitio, mientras que los rendimientos máximos en todos los sitios se obtuvieron con la mayor densidad de plantas evaluada y la mayor dosis de N, alcanzando valores de entre 13 500 y 16 300 kg ha⁻¹ (Tabla 4).

Se detectó interacción significativa entre la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada ($p < 0.001$), no así entre los tres factores evaluados (Sitio*Densidad*Dosis de N). Esto posibilitó ajustar un modelo de regresión polinómica para todos los sitios, que consideró la interacción densidad por nitrógeno sobre la determinación

de los rendimientos de maíz.

Se estimaron los parámetros de la ecuación de regresión 1, resultando todos significativos y el coeficiente de determinación del modelo elevado ($R^2:0.77$). El modelo ajustado se presenta en la Ecuación 2:

$$Y = 4940 + 32.29N + 83.41D - 0.103N^2 - 0.571D^2 + 0.239ND + \epsilon$$

Ecuación 2

Donde Y es el rendimiento del maíz (kg ha⁻¹), D es la densidad de siembra (miles de plantas ha⁻¹), N es la disponibilidad de N (kg N ha⁻¹ suelo + fertilizante), y ϵ es el término de error de la regresión.

Los mayores rendimientos se obtuvieron con más de 90 000 plantas ha⁻¹ y niveles de N objetivo superiores a los 210 kg ha⁻¹ (Figura 1). Estos tratamientos, en promedio en los 6 sitios evaluados, superaron los 15 000 kg ha⁻¹. Con un planteo típico de la zona, (densidad de siembra 75 000 plantas ha⁻¹ y un nivel de N objetivo de 160 kg ha⁻¹), se obtuvieron 13 200 kg ha⁻¹, siendo la brecha con el rendimiento alcanzable cercana a los 2000 kg ha⁻¹ (15%).

En la Figura 2 se puede apreciar el incremento en la respuesta a la densidad de siembra a medida que aumenta la oferta de N. Por lo tanto, la densidad con la que se maximiza el rendimiento (densidad óptima agronómica) cambió de 85 000 a 130 000 plantas ha⁻¹ desde la situación testigo a la de mayor disponibilidad de N.

Análisis económico

En función del rendimiento estimado (Tabla 5A) con el modelo ajustado en la Ecuación 2, se calculó el margen

Tabla 4. Medidas resumen del rendimiento (kg ha⁻¹) en los diferentes sitios.

Rendimiento	Coop. Agrícola	Agroservicios	Pérez	Rosso	La Comarca	Lucarelli
Testigos	9811	10 341	11 178	10 739	9774	9533
Promedio	11 694	12 475	13 249	12 748	12 893	12 933
Máximo	13 511	15 452	16 350	15 904	15 802	16 213

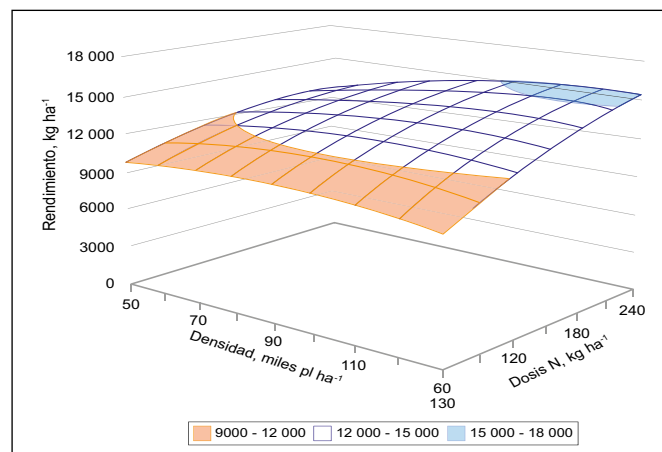


Figura 1. Modelo de la Ecuación 2: rendimiento en función de la densidad de siembra y dosis de N (suelo + fertilizante).

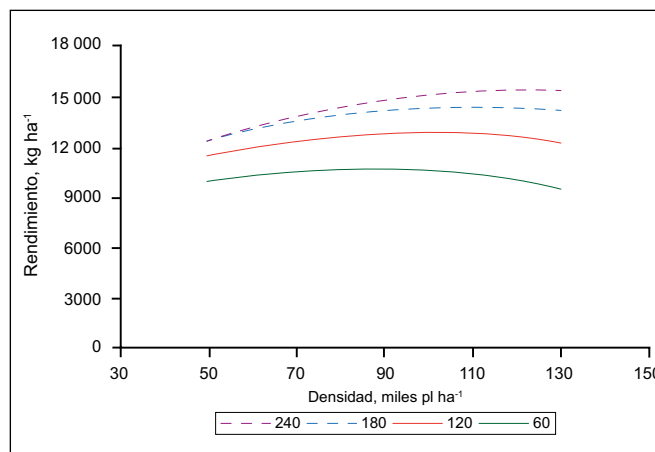


Figura 2. Rendimiento en función de la densidad de siembra para diferentes niveles de N disponible (suelo + fertilizante, kg ha⁻¹), según modelo Ecuación 1.

bruto para cada situación (Tabla 5B). Los mayores márgenes (U\$S 465 y 475 ha⁻¹) se obtuvieron con niveles de N próximos a los 240 kg N ha⁻¹ y densidades comprendidas entre 90 000 y 110 000 plantas ha⁻¹. Un punto a destacar es que siembras con alta densidad exigen altos niveles de N disponibles para maximizar rendimientos y márgenes brutos. En situaciones donde se utilice alta densidad de siembra y bajo nivel de N se podrían provocar márgenes brutos negativos. Otro punto de interés es que la diferencia entre el mayor margen bruto con respecto al logrado con el manejo típico de la zona es de U\$S 67 ha⁻¹ (U\$S 475 vs 408 ha⁻¹), es decir un 15% superior.

Considerando tres escenarios de precio de maíz, se calculó el rendimiento esperado, costos, ingresos netos, margen bruto y rendimiento de indiferencia para tres manejos de dosis de N y densidad de siembra (Tabla 6). El planteo típico que se realiza en la zona (75 000 pl ha⁻¹ y aplicaciones de 100 kg N ha⁻¹) no logra maximizar los márgenes en ninguno de los escenarios de precio de maíz. Mientras que con los manejos óptimo económico y recomendado (máxima tasa

de retorno) se hubiesen obtenido entre 30 y 100 U\$S ha⁻¹ más que con el planteo típico.

Comentarios finales

El planteo agronómico que se realiza en la zona (75 000 pl ha⁻¹ y niveles de N disponible de 160 kg N ha⁻¹ considerando el N disponible a la siembra más el fertilizante) no logra maximizar los rendimientos ni el margen bruto del maíz. Los resultados encontrados en este estudio demostraron que en ambientes con napa es posible aumentar en más de un 10% la productividad y el margen bruto del maíz ajustando correctamente la densidad de siembra y la dosis de N. Ello es posible siempre que se considere la interacción entre la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada. Incrementar la densidad de siembra independientemente de la oferta de N puede provocar una disminución del rendimiento y del margen bruto de forma negativa.

El modelo determinado con esta base experimental brinda un ajuste considerable (R²: 0.77) lo cual facilitaría la toma de decisiones empresariales sobre la densidad de siembra

Tabla 5A. Rendimiento de maíz (kg ha⁻¹) para diferentes densidades de siembra y niveles de N disponible.
Tabla 5B. Margen bruto (U\$S ha⁻¹) para diferentes densidades de siembra y niveles de N disponible.
Escala rojo-blanco-azul, de menores a mayores valores de rendimiento y margen bruto.

A

	N Disponible suelo+fert., kg ha ⁻¹			
	60	120	180	240
50	9966	11 506	12 303	12 358
70	10 551	12 377	13 461	13 802
90	10 680	12 792	14 162	14 789
110	10 352	12 750	14 407	15 320
130	9568	12 252	14 195	15 395

B

	N Disponible suelo+fert., kg ha ⁻¹			
	60	120	180	240
50	\$ 160	\$ 289	\$ 330	\$ 285
70	\$ 176	\$ 339	\$ 414	\$ 402
90	\$ 139	\$ 335	\$ 444	\$ 465
110	\$ 47	\$ 277	\$ 420	\$ 475
130	-\$ 97	\$ 166	\$ 342	\$ 431

Tabla 6. Rendimiento esperado, costos, ingresos netos, margen bruto y rendimiento de indiferencia según tres manejos diferenciales (combinaciones de dosis de N y densidad objetivo) para tres escenarios de precio. Manejo típico: de mayor frecuencia a nivel zonal; recomendado: máxima tasa de retorno de la inversión; y óptimo económico: máximo margen bruto.

Precio ton maíz U\$S	Relación precios	Manejo	Dosis N kg ha ⁻¹	Densidad miles pl ha ⁻¹	Rendimiento esperado kg ha ⁻¹	Costos	Ingresos netos	Margen bruto	Rendimiento indiferencia kg ha ⁻¹
130	9.3	Típico	160	75	13 376	\$ 1164	\$ 1278	\$ 113	12 190
		Recomendado	220	88	14 594	\$ 1251	\$ 1394	\$ 143	13 095
		Óptimo económico	220	95	14 814	\$ 1269	\$ 1415	\$ 146	13 288
160	7.5	Típico	160	75	13 376	\$ 1164	\$ 1572	\$ 408	9905
		Recomendado	230	92	14 805	\$ 1270	\$ 1740	\$ 470	10 803
		Óptimo económico	240	104	15 209	\$ 1310	\$ 1788	\$ 478	11 146
190	6.4	Típico	160	75	13 376	\$ 1164	\$ 1867	\$ 703	8341
		Recomendado	240	98	15 057	\$ 1294	\$ 2102	\$ 807	9273
		Óptimo económico	240	107	15 270	\$ 1318	\$ 2132	\$ 813	9442

y la fertilización nitrogenada en ambientes de elevada productividad con influencia de napa. La correcta elección de densidad de siembra es de suma importancia ya que el costo de semilla es uno de los principales que acarrea el productor cuando realiza maíz. La misma depende del N disponible, y por lo tanto para lograr planteos exitosos, es necesario contemplar ambas variables.

El aumento de productividad logrado contribuiría además con otros aspectos positivos relevantes al sistema no cuantificados, pero si observados, como ser el mayor aporte de carbono y de mejor calidad, mejor competencia contra las malezas, un mayor consumo de agua y mayores eficiencias en el uso de los recursos como el N y el agua.

Agradecimientos

A todos los que participan en el funcionamiento de la Chacra Justiniano Posse: Agroservicios S.R.L, La Comarca S.R.L., Cooperativa Agropecuaria Unión de Justiniano Posse Ltda., Cooperativa Agrícola Ganadera de Justiniano Posse Ltda., Las Tres Marías SRL, Pelagagge S.A., Rosso Agro S.R.L., Simplón SRL, Norberto Ballario S.A., Pablo Panatti, Juan Giannasi, Jorge Mazzieri, José Mazza, Julio Pérez, Daniel Cotorás, y Javier Orazi.

Bibliografía

- Bertram, N., y S. Chiachera. 2014. Ascenso de napas en la región pampeana: ¿Consecuencia de los cambios en el uso de la tierra? INTA EEA Marcos Juárez Título.
- Capristo, P.R., R.H. Rizzalli, y F.H. Andrade. 2007. Ecophysiological Yield Components of Maize Hybrids with Contrasting Maturity. *Agron. J.* 99-1111.
- Cisneros, J., H.A. Gil, J.D. De Prada, A. Degioanni, G.A. Cantero, O. Giayetto, J.P. Ioele, O.A. Madoery, A. Masino, y J. Rosa. 2014. Estado actual, pronósticos y propuestas de control de inundaciones en el centro-este de la provincia de Córdoba. Río Cuarto, Argentina.

- Cisneros, J., M. Scilingo, O. Giayetto, F. Morla, y E.G. Jobbágy. 2013. Uso del modelo de simulación AquaCrop-FAO para estimar el aporte subterráneo de agua al cultivo de soja. En: *Actas del XXIV Congreso Nacional del Agua*. San Juan, Argentina. pp. 1-10.
- Dardanelli, J., y D.J. Collino. 2002. Water table contribution to alfalfa water use in different environments of the Argentine Pampas, *Agriscientia*, 19:11-18.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves F, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C.W. Robledo. 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Echeverría, H.E., H.R. Sainz Rozas y P.A. Barbieri. 2015. Maíz y Sorgo. En: *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*, Eds.: Echeverría, H. E.; García, F. Capítulo 15. 904 p.
- Hörbe, T.A.N., T.J.C. Amado, A.D.O. Ferreira, y P.J. Alba. 2013. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. *Precision Agriculture*, 14(4):450-465.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1986. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-22 Laborde.
- Maddonni, G.A., R.A. Ruiz, P. Villariño, e I. García de Salamone. 2003. Fertilización en los cultivos para grano. En: *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*, Eds.: Satorre et al. Capítulo 19. 783 p.
- Nosetto, M.D., E.G. Jobbágy, R.B. Jackson, y G.A. Sznaider. 2009. Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas. *Field Crop Research* 113:138-148.
- Uhart, S.A., y F.H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth development dry matter partitioning and kernel set. *Crop Science* 35:1376-1383. 🌻