



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Ecofisiología y manejo del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

2022





ECONOMÍA DEL NITRÓGENO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON DIFERENTES MECANISMOS DE PLASTICIDAD VEGETATIVO - REPRODUCTIVA

Mejía C.^{1,a}; D'Andrea K.E.^{1,2,b}; Rotili D.H.^{1,2,c}; Espelet F.^{1,d}; Maddonni G.Á.^{1,2,e};

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Cátedra de Cerealicultura, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

²IFEVA, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina

a cmejia@agro.uba.ar; b kdandrea@agro.uba.ar; c rotili@agro.uba.ar; d fespelet@agro.uba.ar; e maddonni@agro.uba.ar

NITROGEN ECONOMY OF MAIZE (*Zea mays* L.) HYBRIDS WITH DIFFERENT MECHANISMS OF VEGETATIVE - REPRODUCTIVE PLASTICITY

Abstract

In restrictive environments for maize production in Argentina, the use of low planting densities has expanded. At low plant density, the expression of prolificacy and tillering are favored. The objective of this study was to evaluate N economy of four maize hybrids with different mechanisms of vegetative-reproductive plasticity cultivated at low density under temporal reductions of incident solar radiation. Hybrids DM 2738, AX7784, DK6910 and Next 22.6 were cultivated at 3 plants.m⁻² with solar radiation restrictions (ca. 80%, ca. 15 days) between V3- V7 (S1), V7- V13 (S2), V13 – R1 (S3), R1- R2 (S4) and without shading from sowing to R6 (C). N uptake was similar among hybrids and was reduced by shading. The internal N efficiency to biomass production (EIN_{BT}) was reduced by S4 and less prone tillering hybrids (Next 22.6 and DK6910) registered the lowest EIN_{BT}. The lowest grain yield EIN (EIN_R) were recorded in S3 and S4, while the most prolific hybrids (DK6910 and DM2738) recorded the highest EIN_R. For all hybrids, the N harvest index (ICN) was higher in C and S2 and lower in S4, with the highest ICN registered in the most prolific hybrids (DK6910 and DM2738). Future studies should evaluate, the dynamics of total N uptake, N partitioning, and functional relationships for kernel setting of each phenotype.

Palabras claves

Eficiencia de uso de Nitrógeno, maíz, baja densidad de plantas, plasticidad

Keywords

Nitrogen use efficiency, maize, low plant density, plasticity



Introducción

La producción de maíz se triplicó en la última década debido a la expansión del área cosechada hacia regiones previamente consideradas marginales para este cultivo (Maddonni *et al.*, 2021). Dichos ambientes presentan bajos registros de precipitaciones anuales y alta variabilidad intra e interanual en los meses estivales (Penalba y Vargas, 2004), combinado con variaciones espaciales en la profundidad, textura y composición química de los suelos (Salazar Lea Plaza y Moscatelli, 1989). Como adaptación a la limitación productiva de estos ambientes, se ha extendido el uso de tecnologías de procesos para el manejo de la estructura del cultivo de maíz, tales como fechas de siembra tardías y bajas densidades poblacionales, que permiten obtener rendimientos estables y rentables (Maddonni *et al.*, 2021). Las disminuciones en la densidad de siembra favorecen la expresión de mecanismos de plasticidad reproductiva (prolificidad) o vegetativo-reproductiva (macollaje) que contribuyen en gran medida al rendimiento en años con altas disponibilidades de recursos (Rotili *et al.*, 2021). Sin embargo, las variaciones temporales y espaciales en la disponibilidad hídrico-nutricional de los ambientes marginales pueden generar restricciones al crecimiento en diferentes momentos del ciclo, modulando la expresión de la prolificidad y/o el macollaje (Parco *et al.*, 2020; Rotili *et al.*, 2021).

Cuando se retrasa la fecha de siembra, el cultivo de maíz dispone de un mayor contenido de agua a la siembra y un incremento en la disponibilidad inicial de nitrógeno (N) en el suelo (Caviglia *et al.*, 2014) debido a un barbecho prolongado (Maddonni, 2012). Más allá de las variaciones ambientales en la provisión de N para el maíz, la comprensión de la economía del N del cultivo debe basarse en un marco de referencia fisiológico, que involucra la eficiencia interna del N (i.e. rendimiento o biomasa total / N absorbido total) y sus componentes (Moll *et al.*, 1982; Ciampitti y Vyn 2012). En maíz, se ha estudiado la dinámica del N en el cultivo ante variaciones en la densidad y la oferta de N (Ciampitti y Vyn 2011), la economía del N en cultivos de siembra tardía y temprana en alta densidad ante ofertas variables de N (Maltese *et al.*, 2019) y la modulación de la prolificidad ante ofertas contrastantes de N en bajas y altas densidades de siembra (Parco *et al.*, 2020). No obstante, no se conoce cómo es la modulación de los procesos de la economía del N ante restricciones al crecimiento a lo largo del ciclo en híbridos con diferentes mecanismos de plasticidad vegetativo-reproductiva. Adicionalmente, no existe información de la economía del N en densidades de siembra menores a las 4 pl. m⁻², que son aquellas que promueven la expresión de la prolificidad, el macollaje o ambos mecanismos en conjunto. El objetivo de este estudio fue evaluar la economía del N en híbridos de maíz con diferentes mecanismos de plasticidad vegetativo – reproductiva sembrados en baja densidad ante un estrés por reducción de la radiación solar incidente (sombros) en diferentes momentos del ciclo. Hipotetizamos que la eficiencia interna para la producción de biomasa no varía entre los híbridos, pero la eficiencia interna para la generación del rendimiento es dependiente de la expresión de la plasticidad reproductiva (i.e. mayor en los híbridos prolíficos).



Materiales y Métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

Se llevó a cabo un ensayo en el campo experimental del Departamento de Producción Vegetal de la FAUBA (35° 34'S, 58° 29'O), sobre un suelo franco-arcilloso (Argiudol vértico) durante la campaña 2021-2022. Los híbridos comerciales DM2738 (macollador + prolífico), AX7784 (macollador), DK6910 (prolífico) y Next 22.6 (no macollador + no prolífico) se sembraron a una densidad de 3 plantas m⁻². Para representar condiciones de limitaciones al crecimiento (estrés) en diferentes momentos del ciclo, se utilizaron cuatro tratamientos de sombreado (reducción de ca. 80% de la radiación solar incidente sin afectar la calidad de la luz) de aproximadamente dos semanas de duración cada uno en distintas etapas fenológicas del cultivo (Tabla 1), además de un tratamiento sin sombreado (control). Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones, con los tratamientos de híbrido × sombreado aleatorizado dentro de cada bloque. Las unidades experimentales estuvieron representadas por parcelas de 6 hileras (4 m de largo) de cultivo distanciadas cada 0,7 m. Se aplicó Urea (46% N) a la siembra y en V4-V6 (Ritchie *et al.*, 1982) para alcanzar una disponibilidad de N (suelo + fertilizante) de 320 kg N ha⁻¹. Las malezas, plagas y enfermedades fueron controladas química y mecánicamente, y la humedad del suelo fue mantenida cerca de capacidad de campo durante todo el ciclo del cultivo a través de riego por goteo.

Tratamiento	Etapa fenológica
C	Sin sombreado desde siembra hasta R6
S1	V3 - V7
S2	V7-V13
S3	V13-R1
S4	R1- R2

Tabla 1. Descripción de los tratamientos de sombreado en diferentes momentos del ciclo (y su abreviatura) en los híbridos de maíz DM2738, AX7784, DK6910 y Next 22.6 cultivados a 3 pl. m⁻² durante la campaña 2021-2022 en Buenos Aires.

Mediciones

A madurez fisiológica se cosecharon individualmente 8 plantas de cada parcela y se pesaron después de secarse en una estufa de circulación de aire forzado a 65°C (0% de contenido de humedad). Se pesaron los granos de las espigas de diferente orden jerárquico (apicales, subapicales y espigas de macollos), además del rastrojo del vástago principal y los macollos. Se consideró que el rendimiento de las espigas subapicales del vástago principal es el equivalente a la sumatoria de los pesos de los granos de las espigas de segundo, tercer y cuarto orden (cuando estuviesen presentes), y el rendimiento de las espigas de los macollos el equivalente a la sumatoria de los pesos de los granos de todas las espigas de todos los macollos. La biomasa en el rastrojo (hojas, vainas, tallos, chalas, panojas y marlos) del vástago principal y de los macollos se molió por separado utilizando un molino tipo Wiley (< 1 mm de malla), y luego se tomó una alícuota de 100 mg para determinar la concentración de N usando el método micro-Kjeldahl (Nelson y Sommers, 1973). Adicionalmente, se recolectó una muestra representativa de los granos de las espigas apicales, subapicales y de macollos y se secó hasta obtener un contenido de humedad cercano al 10,5% para estimar la



concentración de N a través de la transmisión espectroscópica de infrarrojo cercano (NIR5000, Foss, Dinamarca) (Borrás et al., 2002). Se utilizó la curva de calibración incluida en el NIR5000 (Foss) con datos de numerosos experimentos, genotipos, densidades, aplicaciones de N y condiciones climáticas (917 muestras, $R^2 = 0,83$). La concentración de proteína utilizada para la calibración varió entre 6,3 y 12,3 % con desviación estándar de 0,99%. La concentración de N en el grano por el NIR5000 se expresó con 0% de contenido humedad.

Cálculos

Se expresó el rendimiento de las espigas apicales, subapicales y de macollos, y las biomásas de los vástagos principales y los macollos en términos de unidad de área. Para cada fracción de la planta, el contenido de N se estimó a través de la multiplicación de la materia seca por la concentración de N (%). El N absorbido en los granos se calculó como la sumatoria del contenido de N en los granos de cada fracción (espigas apicales, subapicales y de macollos). El N absorbido total (N_{abs}) se calculó como la suma del contenido de N en el vástago principal, macollos (cuando se expresó el macollaje) y los granos. El ICN se calculó como la relación entre el nitrógeno absorbido en los granos y el N_{abs} . La eficiencia interna del N para producir biomasa (EIN_{BT}) se estimó como la relación entre biomasa total y el N_{abs} . La eficiencia interna del N para la generación del rendimiento (EIN_R) se estimó a través de la relación entre el rendimiento y el N_{abs} .

Análisis estadístico

Los datos fueron sujetos a análisis de varianza (ANVA) para analizar los efectos principales de los tratamientos (sombros e híbridos) y sus interacciones sobre el N_{abs} , EIN_{BT} , EIN_R e ICN. Se usó la prueba de comparación de medias de Fisher para evaluar las diferencias entre los valores medios, considerando un alfa = 0,05. Se utilizó el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2019) para todos los análisis estadísticos. Se ajustaron regresiones lineales entre la biomasa total o el rendimiento y el N_{abs} .

Resultados

Para la mayoría de los atributos analizados hubo efecto significativo del sombrero (S), del híbrido (H) y de la interacción $S \times H$, excepto para la EIN_{BT} y el N_{abs} , para los cuales no se encontró interacción $S \times H$ (para ambos) o efecto genotípico (para N_{abs}) (Tabla 2).

En la situación control, el híbrido AX8777 sólo expresó espigas de macollos mientras que los restantes híbridos presentaron espigas de macollos y sub-apicales en diferente magnitud. Sin embargo, todos alcanzaron un N_{abs} similar (Tabla 2 y Figura 1). En todos los híbridos el N_{abs} se redujo con los tratamientos de sombrero, pero con mayor magnitud en S1 (entre 18 y 36%) y S2 (entre 30 y 44%), afectando principalmente el N_{abs} en espigas secundarias (Tabla 2 y Figura 1).

La EIN_{BT} solamente fue afectada por S4 y los híbridos Next 22.6 y DK6910 registraron la menor EIN_{BT} (Tabla 2). Las menores EIN_R se registraron en S3 y S4 (Tabla 2 y Figura 2) mientras que los híbridos más prolíficos (DK6910 y DM2738) registraron las mayores EIN_R (Tabla 2 y Figura 2). Asimismo, se observó interacción $H \times S$ ($p < 0,001$), principalmente por el comportamiento diferencial de la EIN_R .



del Next 22.6 a S2 (mayor EIN_R que en el control).

En todos los híbridos el ICN resultó mayor en el C y S2 y menor en S4, alcanzando los mayores ICN los híbridos más prolíficos (DK6910 y DM2738) (Tabla 2).

Tratamiento		N _{abs}	EIN _{BT}	EIN _R	ICN
Sombreo (S)	C	251 d	91,5 b	45,8 cd	0,68 cd
	S1	177 b	91,0 b	44,6 c	0,65 c
	S2	153 a	90,3 b	48,7 d	0,70 d
	S3	210 c	89,7 b	33,6 b	0,53 b
	S4	202 c	84,9 a	27,2 a	0,47 a
	p-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Híbrido (H)	Next 22.6	200 a	86,0 a	35,7 a	0,57 a
	DK6910	192 a	87,5 a	43,5 b	0,66 b
	DM2738	197 a	91,6 b	43,3 b	0,64 b
	AX7784	204 a	93,0 b	38,5 a	0,56 a
	p-valor	0,09	<0,001	<0,001	<0,001
H×S	p-valor	0,20	0,19	0,002	<0,001

Tabla 2. Valores medios y significancias del N absorbido total (N_{abs}; kg N ha⁻¹), eficiencia interna para producir biomasa (EIN_{BT}; kg de biomasa kg N absorbido⁻¹), eficiencia interna para producir rendimiento (EIN_R; kg de grano kg N absorbido⁻¹) e índice de cosecha de N (ICN) de cuatro híbridos de maíz ante la aplicación de sombros en 4 momentos del ciclo y su control en un experimento durante 2021 – 2022.

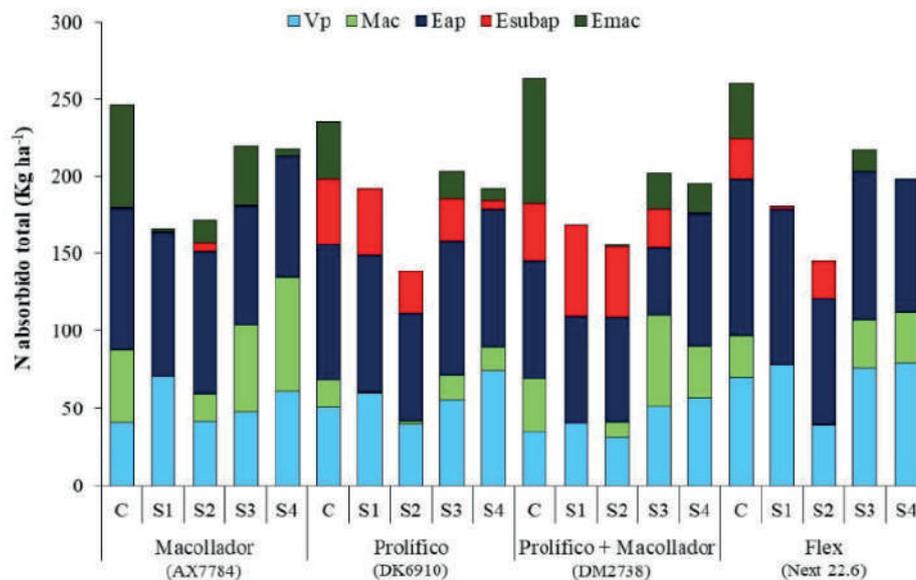


Figura 1. N total absorbido a madurez fisiológica y su partición en los granos (granos de espigas apicales: Eap; subapicales: Esupab; macollos: Emac) y rastrojo (vástago principal: Vp; y macollos: Mac) de cuatro híbridos de maíz ante la aplicación de sombros en 4 momentos del ciclo y su control en un experimento durante 2021 – 2022

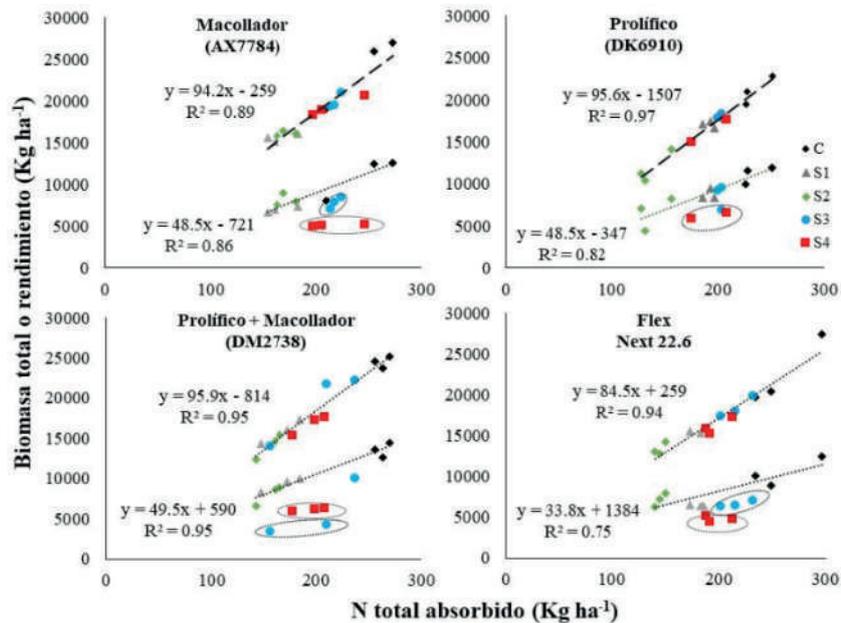


Figura 2. Relación entre la biomasa o rendimiento y el nitrógeno total en madurez fisiológica de cuatro híbridos de maíz (DK6910, AX7784, Next 22.6 y DM 2738) bajo diferentes sombreos y su control. Las líneas representan las funciones lineales ajustadas al conjunto de datos. Para rendimiento, las funciones solo fueron ajustadas para el control, S1 y S2 debido a la reducción en la fijación de granos originadas por S3 y S4.

Discusión

El uso de bajas densidades de siembra en maíz favorece en determinados híbridos a la producción de macollos, los cuales contribuyen al crecimiento del cultivo y su rendimiento (Sangoi et al., 2011; Rotili et al., 2022). Similarmente la baja densidad y la adecuada provisión de N permite expresar en determinados híbridos de maíz la producción de espigas sub-apicales con efectos positivos sobre el N_{abs} y el rendimiento (Parco et al., 2020; Maltese et al., 2020). En este experimento se evidenció la contribución de los macollos y los granos de las espigas de macollos y/o espigas sub-apicales al N_{abs} en los híbridos estudiados en una densidad de siembra de 3 pl. m⁻² (Figura 1). El N_{abs} fue afectado por todos los tratamientos de sombreos y varió entre 153 y 210 kg N. ha⁻¹. Estos valores resultaron superiores a los reportados por Ciampitti y Vyn (2011) (112- 130 kg N. ha⁻¹) para cuatro híbridos de maíz sembrados a una densidad de 5,4 pl. m⁻² sin aplicación de N. Los tratamientos S1 (V3-V7) y S2 (V7-V13) afectaron en mayor medida el N_{abs} de todos los híbridos. Estos estreses afectaron la emisión (V3-V7) y fertilidad de los macollos (V7- V13) y, consecuentemente, la acumulación de materia seca y el N_{abs} en estos órganos vegetativos. En este experimento no se evaluó la fertilidad y tasa de crecimiento de los macollos, pero la absorción de N está co-regulada por la tasa de crecimiento de las plantas y la oferta de N (Briat et al., 2020). Por lo tanto, los tratamientos que también afectaron la fertilidad de los macollos (S3 y S4) y de las espigas sub-apicales (S4) redujeron o cancelaron el N_{abs} en los granos de esas espigas.

En este trabajo también se cuantificó la eficiencia interna o fisiológica de la producción de biomasa o rendimiento en función del N_{abs} (Lai et al., 2022). Se demostró que la reducción de la radiación solar incidente (ca. 80%) durante períodos de 15 días desde etapas tempranas y hasta la emisión de estigmas (R1) de las espigas apicales redujo el N_{abs} pero no afectó la EIN_{BT} . Por el contrario tanto el N_{abs} como la EIN_{BT} fueron reducidos cuando los sombreos se aplicaron 15 días post R1 (i.e. durante



la segunda mitad del periodo crítico) probablemente por su impacto sobre la fijación de granos en espigas sub-apicales y de macollos que redujo en mayor proporción el rendimiento que el Nabs. La EIN_R registrada en los híbridos bajo estudio en el tratamiento control ($45,8 \text{ kg grano kg Nabs}^{-1}$) resultó ligeramente inferior al valor (ca. $53 \text{ kg grano kg Nabs}^{-1}$) reportado por Parco et al (2020) en baja densidad y Maltese et al (2019) en densidades intermedias (ca. $47,2 \text{ kg grano kg Nabs}^{-1}$) para híbridos argentinos sin limitación de N y dentro del rango ($22,9 - 49,3 \text{ kg grano kg Nabs}^{-1}$) reportado por Ciampitti y Vyn (2011) para híbridos americanos en alta densidad y con una oferta de 165 kg N ha^{-1} . Estos valores serían comparables, pero las variaciones estarían relacionadas con la componente genética (contenido de proteína de los granos) y la oferta de N, ya que la EIN_R puede disminuir en altas dosis de N, i.e. ante respuestas menos que proporcionales del rendimiento que del Nabs a la oferta de N (Ciampitti y Vyn 2011; Lai et al., 2022). Los híbridos más prolíficos (DK6910 y DM2738) alcanzaron los mayores valores de EIN_R e ICN tal como fue documentado por Parco et al. (2020). A diferencia de la EIN_{BT} , la EIN_R fue reducida por S3 y S4 e incrementada por S2. El estrés impuesto durante el periodo crítico (Andrade et al., 1999), habría reducido la partición de asimilados a todas las espigas y con ello a la fijación de granos, reflejándose no sólo en los menores valores de la EIN_R sino también del ICN. Por el contrario, S2 redujo el Nabs al ser impuesto durante la etapa de activo crecimiento del cultivo, pero no comprometió el crecimiento alrededor de floración incrementando la EIN_R .

Conclusiones

Los resultados de este experimento rechazan la hipótesis de trabajo ya que la eficiencia interna o fisiológica para la producción de biomasa resultó superior en los híbridos prolífico-macollador y macollador, pero la eficiencia fisiológica para la generación del rendimiento sí resultó dependiente de la expresión de la plasticidad reproductiva (i.e. resultó mayor en los híbridos prolífico-macollador y prolífico). En futuros estudios se debería evaluar las dinámicas de la absorción de N, su partición y las relaciones funcionales para la fijación de granos (i.e. número de granos en función de la tasa de crecimiento de las plantas) de cada fenotipo que permitan comprender las diferencias en las eficiencias fisiológicas y en el índice de cosecha de N.

Apoyo financiero

103BA. UBACyT 2018. "Plasticidad vegetativo-reproductiva en maíz, rasgos de interés para el manejo del cultivo en ambientes restrictivos." Director: Gustavo Maddonni.

PICT 2018-03925 RAICES. "Plasticidad vegetativo-reproductiva en maíz, rasgos de interés para el manejo del cultivo en ambientes restrictivos" Investigador responsable: Gustavo Maddonni.

Este proyecto forma parte del GET RED UBA DE MAIZ (<https://www.agro.uba.ar/GET/reduba-demaiz>).



Referencias bibliográficas

- Andrade, F.; Vega, C.; Uhart, S.; Cirilo, A.; Cantarero, M. y Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Science* 39: 453 – 459.
- Borrás, L.; Curá, J. y Otegui, M. 2002. Maize kernel composition and post – flowering source-sink ratio. *Crop Science* 42: 781 – 790.
- Briat, J.; Gojon, A.; Rouached, H.; Plassard, C. y Lemaire, G. 2020. Reappraisal of the concept of nutrient availability for plants in soils at the light of the recent molecular physiology advances. *European Journal of Agronomy* 116: 126069.
- Caviglia, O.; Melchiori, R y Sadras, V. 2014. Nitrogen utilization efficiency in maize as affected by hybrid and N rate in late-sown crops. *Field Crops Research* 168: 27-37.
- Ciampitti, I. y Vyn, T. 2011. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. *Field Crops Research* 121: 2–18.
- Ciampitti, I. y Vyn, T. 2012. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: a review. *Field Crops Research* 133: 48 – 67.
- Di Rienzo J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M y Robledo, C. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Lai, Z.; Fan, J.; Yang, R.; Xu, X., Liu, L.; Li, S.; Zhang, F. y Li, Z. 2022. Interactive effects of plant density and nitrogen rate on grain yield, economic benefit, water productivity and nitrogen use efficiency of drip-fertigated maize in northwest China. *Agricultural Water Management* 263: 107453.
- Maddoni, G. 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.
- Maddoni, G.; Martín Parco, M. y Rotili, D. 2021. Manejo de la estructura del cultivo de maíz en ambientes marginales de Argentina. *Agronomía y Ambiente* 41 (2): 90-105.
- Maltese, N.; Melchiori, R.; Maddoni, G.; Ferreyra, J. y Caviglia, O. 2019. Nitrogen economy of early and late-sown maize crops. *Field Crops Research* 231: 40–50.
- Maltese, N., Maddoni, G. A.; Melchiori, R., Ferreyra, M y Caviglia, O. 2020. Crop nitrogen status of early- and late-sown maize at different plant densities. *Field Crops Res.* <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107965>.
- Moll, R.; Kamprath, E. y Jackson, W. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal* 74: 562.
- Nelson, D y Sommers, L. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal* 65: 109- 112.
- Parco, M.; Ciampitti, I.; D'Andrea, K. y Maddoni, G. 2020. Prolificacy and nitrogen internal efficiency in maize crops. *Field Crops Research* 256: 107912.
- Penalba, O. y Vargas, W. 2004. Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. Changes in the extreme precipitation seasonal cycle. *International Journal of Climatology* 24: 1565-1580.
- Ritchie, S.; Hanway, J. y Benson, G. 1982. How a corn plant develops. Special Report No. 48, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service. Ames, Iowa.



Rotili, D.; Abeledo, G.; deVoild, P.; Daniield, R. y Maddonni, G. 2021. Exploring the effect of tillers on the water economy, plant growth and kernel set of low-density maize crops. *Agricultural Water Management* 243: 106424

Rotili, D.; Abeledo, G.; Martínez, S. y Maddonni, G. 2022. Grain yield and kernel setting of multiple-shoot and/or multiple-ear maize hybrids. *Field Crops Research* 279: 108471.

Salazar Lea Plaza, J. y Moscatelli, G. 1989. Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000. SEAGyP - INTA, Buenos Aires. 527 pp.

Sangoi, L. 2011. Maize tillering, leaf area, and grain productivity under different spatial arrangement. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46 (6): 609-616.