

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo.

Modalidad: Proyecto.

**Densidad de siembra, dosis óptima agronómica y eficiencia de uso  
del nitrógeno en maíz.**

**Tomaselli, Leandro Daniel.**

**38.108.432**

**Directora: Ing. Agr. Marzari, Rosana.**

**Co-directora: Ing. Agr. Cerliani, Cecilia.**

Río Cuarto – Córdoba.

Diciembre/2018.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

Título del Trabajo Final: Densidad de siembra, dosis óptima agronómica y eficiencia de uso del nitrógeno en maíz.

Autor: Leandro Daniel TOMASELLI.

D.N.I.: 38.108.432.

Directora: Ing. Agr. Rosana MARZARI.

Co-directora: Ing. Agr. Cecilia CERLIANI.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora.

Ing. Agr. Rosana MARZARI \_\_\_\_\_

Ing. Agr. MSc. Elena BONADEO \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Dr. Gabriel ESPÓSITO \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Secretario Académico

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi familia (Betiana, Blas, Graciela, Ignacio, Lucrecia, Mora y Simón) quienes fueron mi sostén y depositaron toda su confianza durante mi formación académica.

A la familia Cerutti, que durante el transcurso de esta etapa me ofrecieron un lugar adonde vivir, me apoyaron y siempre estuvieron predispuestos a ayudarme.

A todos los docentes de la UNRC que intervinieron en la carrera, con especial interés a los integrantes de las plantas docentes de Producción de Cereales y Sistema Suelo – Planta por haberme guiado en la última etapa de la carrera, la realización del trabajo final de grado.

Al Ing. Agr. Matías Fissore, con quien compartí el ensayo del experimento y nos ayudamos mutuamente para llevar a cabo toma de datos y determinaciones para la realización de su tesis de maestría y el presente trabajo.

A los tesistas de la cátedra, que nos dieron una mano a la hora de trabajar en el sitio donde se llevó a cabo el experimento.

A mis amigos, con algunos de los cuáles compartí este lindo camino. Y a todos aquellos que siempre estuvieron en los buenos y malos momentos.

A todos los nombrados, muchas gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
RESUMEN .....	5
SUMMARY.....	7
INTRODUCCIÓN .....	7
HIPÓTESIS .....	12
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
CONCLUSIONES .....	27
BIBLIOGRAFIA CITADA .....	28
ANEXOS .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices agronómicos para la eficiencia de uso de nutrientes. ....	11
Tabla 2. Análisis de suelo (nitrógeno de nitratos) al momento de la siembra. ....	13
Tabla 3. Rendimiento del cultivo de maíz y sus componentes correspondientes a la densidad de 7 plantas m <sup>-2</sup> .....	21
Tabla 4. Parámetros de la regresión lineal obtenidos para cada combinación de condición hídrica y densidad de siembra.....	22
Tabla 5. Eficiencias en el uso del nitrógeno para maíz y sus componentes para la densidad de 7 plantas m <sup>-2</sup> (Río Cuarto, campaña 2016/2017).....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano del ensayo.....	15
Figura 2. Precipitación decádica y precipitaciones medias normales en Río Cuarto durante la campaña 2016/2017. ....	19
Figura 3. Temperaturas medias, máximas y mínimas para la campaña 2016/17.....	20
Figura 5. Rendimiento de maíz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en función de la dosis de nitrógeno ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) para la condición hídrica riego (R-Riego) en las densidades evaluadas (2,5; 7;12 y 16 $\text{pl m}^{-2}$ )......	23
Figura 6. Rendimiento de maíz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en función de la dosis de nitrógeno ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) para la condición hídrica secano (S-Secano) en las densidades evaluadas (2,5; 7;12 y 16 $\text{pl m}^{-2}$ )......	24

## RESUMEN

El rendimiento del maíz en producciones extensivas es muy sensible a los cambios en la densidad de siembra y en la dosis de fertilizantes utilizados, ya que con cambios en estos dos factores se modifica la captura de recursos del ambiente. Para lograr buenos rendimientos es necesario encontrar una combinación óptima de ambos factores que permita al cultivo un buen aprovechamiento de los recursos disponibles. El objetivo de este trabajo fue determinar la dosis óptima agronómica de nitrógeno y la eficiencia de uso del nutriente y sus componentes para distintas densidades de siembra y condiciones hídricas. Para ello, se llevó a cabo un experimento en el campo de docencia y experimentación de la UNRC ubicado en cercanías de la localidad de Río Cuarto, donde se evaluaron en dos condiciones hídricas (riego y secano) cuatro densidades de siembra: 2,5; 7; 12 y 16 plantas  $m^{-2}$  y tres condiciones de fertilización: 0, 100 y 300 kg de nitrógeno  $ha^{-1}$ . Se determinó el rendimiento final en grano y los componentes del mismo (numero de granos  $m^{-2}$  y peso de 1000 granos), mediante cosecha manual de los surcos centrales de cada una de las parcelas. Se calculó la relación entre rendimiento y dosis de nitrógeno para cada densidad en cada condición hídrica y a partir de ésta se obtuvo la dosis óptima agronómica, finalmente se estimó la eficiencia de uso del nitrógeno y sus componentes. Todos los resultados fueron analizados mediante ANAVA y test de comparación de medias DGC ( $\alpha = 0,05$ ). Los resultados indicaron que la condición hídrica modificó el efecto del nitrógeno, encontrándose bajo riego respuesta a este nutriente, mientras que en la condición de secano no se encontró efecto. En cuanto al resultado del rendimiento a la dosis de nitrógeno en la densidad de 7 plantas  $m^{-2}$ , se ajustó a un modelo lineal, posiblemente debido a que por las condiciones ambientales (precipitaciones principalmente) ocurridas durante el ciclo de crecimiento del cultivo se obtuvieron altos rendimientos, siendo la DOAN la máxima evaluada (300 kg  $ha^{-1}$ ). En cuanto a la eficiencia agronómica del N, no se encontraron diferencias entre las dosis aplicadas y la condición hídrica, resultados similares fueron hallados para sus componentes (eficiencia de recuperación y fisiológica).

**Palabras clave: maíz, densidad, dosis, nitrógeno, eficiencia.**

## SUMMARY

The yield of maize in extensive production is very sensitive to changes in the density of sowing and the dose of fertilizers used, since with changes in these two factors the capture of environmental resources is modified. To achieve good yields it is necessary to find an optimal combination of both factors that allows the crop a good use of the available resources. The objective of this work was to determine the optimal agronomic dose of nitrogen and the efficiency of nitrogen and its components for different planting densities and water conditions. To this end, an experiment was carried out in the field of teaching and experimentation of the UNRC located near the town of Río Cuarto, where four planting densities were evaluated in two water conditions (irrigation and rainfed): 2.5; 7; 12 and 16 plants  $m^{-2}$  and three fertilization conditions: 0, 100 and 300 kg of nitrogen  $ha^{-1}$ . The final yield in grain and its components (number of grains  $m^{-2}$  and weight of 1000 grains) was determined, by manual harvesting of the central furrows of each one of the plots. The relationship between yield and nitrogen dose was calculated for each density in each water condition and from this the optimum agronomic dose was obtained, finally the efficiency of use of nitrogen and its components was estimated. All the results were analyzed by means of ANOVA and DGC mean comparison test ( $\alpha = 0.05$ ). The results indicated that the water condition modified the effect of nitrogen, finding an irrigation response to this nutrient, while in the rainfed condition no effect was found. Regarding the yield response to the nitrogen dose, in the density of 7 plants  $m^{-2}$ , it was adjusted to a linear model, possibly due to the environmental conditions (mainly rainfall) that occurred during the growth cycle of the crop high yields were obtained, the DOAN being the highest evaluated (300 kg  $ha^{-1}$ ). Regarding the agronomic efficiency of N, no differences were found between the applied doses and the water condition, similar results were found for their components (recovery and physiological efficiency).

**Keywords: corn, density, dose, nitrogen, efficiency.**



## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es una planta gramínea anual, diclino monoica (inflorescencias femeninas, en espigas, y flores estaminadas que, en conjunto, forman grandes panojas terminales o inflorescencias masculinas). Se propaga por semillas producidas mayormente por fecundación cruzada (alógama) y depende del movimiento del polen por el viento (Bianco *et al.*, 2007).

El avance tecnológico sobre la genética del maíz, condujo a que sea el cultivo con mayor aumento de rendimiento en los últimos 30 años. Por otra parte, la oferta y variedad de los insumos utilizados en su producción, tales como agroquímicos, fertilizantes, maquinaria, etc., provocaron profundos cambios para que tenga cada vez mayores rendimientos (Gear, 2006). La producción de maíz en el Departamento Río Cuarto totalizó unas 2.908.143 t en la campaña 2016/2017, la superficie sembrada fue de 534.610 ha y la cosechada 461.610 ha para dicha campaña, con un rendimiento promedio en el Departamento de 6.300 kg ha<sup>-1</sup> (MAGP, 2018).

El rendimiento por unidad de superficie de este cultivo presenta una marcada respuesta parabólica a la densidad de siembra. Mientras que el rendimiento por planta disminuye con aumentos de población, la productividad se incrementa hasta un máximo a partir del cual, el aumento en el número de individuos reduce marcadamente la producción individual. Esto se debe a que el número de granos por planta (principal componente directo del rendimiento) se relaciona de manera curvilínea con la tasa de crecimiento por planta, dicha relación se caracteriza por poseer un valor umbral por debajo del cual la planta no produce granos y valores de tasa de crecimiento del cultivo por encima del cual la planta no produce una mayor cantidad de granos de manera proporcional, debido a limitaciones morfogénicas (Andrade *et al.*, 1996).

Por lo tanto, al aumentar la densidad, la competencia intraespecífica genera disminuciones en la tasa de crecimiento que conducen a reducciones en el número de granos y pueden incluso provocar esterilidad en la planta; mientras que al disminuir la densidad si bien aumenta el número de granos por planta, la pérdida de individuos no puede compensarse por este aumento en la producción individual y por ende disminuye el rendimiento (Andrade *et al.*, 1999).

Esto deja en evidencia la importancia en la tasa de crecimiento por planta, sobre el rendimiento. Dicha tasa de crecimiento es afectada por la disponibilidad de recursos,

como por ejemplo radiación solar, agua y nutrientes. (Andrade *et al.*, 1996) y dentro de estos uno de los más importantes es el nitrógeno.

Al respecto varios autores han indicado que en el maíz el rendimiento en grano está limitado principalmente por nitrógeno (N) (Caviglia y Melchiori, 2011; Maddonni, 2011).

El nitrógeno (N) junto con el fósforo (P) son los macronutrientes más limitantes en las zonas maiceras de la República Argentina, aunque el N es requerido en mayor cantidad (Van Opstal *et al.*, 2014).

Diversos autores han evaluado la importancia de la fertilización con este nutriente, así como también momentos y fuentes de aplicación (Melchiori, 2002; Maddonni *et al.*, 2003; Mistrorigo y Valentinuz, 2004; García *et al.*, 2005; García *et al.*, 2010). En los últimos años, ha empezado a cobrar relevancia el estudio del aumento en la eficiencia de uso de este nutriente, a fin de mitigar los efectos adversos sobre el ambiente que puede generar la aplicación de N por exceso o defecto, como así también disminuir los costos de producción del maíz (Cassman *et al.*, 2003).

Una buena disponibilidad nutricional, especialmente en los momentos en que los nutrientes son requeridos en elevadas cantidades, asegura: i) un buen crecimiento foliar, lo que permite al cultivo alcanzar rápidamente y mantener la cobertura total del suelo; y, ii) una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa. Esto garantiza un óptimo estado fisiológico en la etapa decisiva para la determinación del rendimiento. El maíz necesita absorber 20 kg de nitrógeno por tonelada de rendimiento de grano. En consecuencia, el requerimiento de este nutriente queda definido según el potencial productivo de cada ambiente, debiéndose aplicar fertilizantes cuando la cantidad aportada por el suelo no satisfaga las necesidades de los cultivos. Si los requerimientos nutricionales no son cubiertos, la tasa de crecimiento del cultivo se reduce y como consecuencia su productividad (Andrade *et al.*, 1996).

En este sentido Estudios realizados por la cátedra de Producción de Cereales de la FAV-UNRC (Espósito *et al.*, 2018), demostraron que para una adecuada nutrición del maíz en cuanto nitrógeno se estima que son necesarios 2,3 g de nitrógeno por planta (con un rango entre 1,5 y 3,5). Si la planta no tiene el nitrógeno suficiente comenzará a sufrir déficit de nitrógeno y se visualizará la sintomatología de dicha deficiencia (amarillamineto desde la punta hacia adentro en forma de "V" en las hojas inferiores, dada su movilidad en la planta) generándose pérdidas en la producción (IPNI, 2018).

Diversos autores han manifestado que, aplicaciones nitrogenadas en dosis completa al momento de la siembra, incrementan los riesgos de pérdidas por lixiviación ante lluvias intensas; además de dificultar el cálculo de la dosis necesaria por desconocer el estado de crecimiento del cultivo (Schmidt *et al.*, 2002; Tawainga *et al.*, 2003; Sainz Rozas *et al.*, 2001). Por este motivo, la aplicación de nitrógeno en estadios vegetativos intermedios entre la siembra y la floración, es una técnica de manejo agronómico que mejora la eficiencia de uso del nutriente (Scharf *et al.*, 2002).

Numerosas investigaciones proponen diferentes metodologías para ajustar la dosis de fertilización nitrogenada. Un grupo importante de métodos se basan en balances de este nutriente teniendo como base análisis de suelo en presiembra y al estado de 5 ó 6 hojas, o análisis de tejido en estadios tempranos y avanzados del cultivo (Echeverría y García, 2014).

La disponibilidad de N de Nitratos en presiembra es otra de las metodologías empleadas para el diagnóstico de N, para la región Pampeana se comenzó a desarrollar a partir de 1980 en el Norte de Buenos Aires y Centro de Santa Fe (Senigagliesi *et al.*, 1984; Barberis *et al.*, 1985; Gambaudo y Fontanetto, 1996). Ruiz (2001) desarrolló un esquema simplificado de decisión para la fertilización nitrogenada basado en la disponibilidad inicial de N-Nitratos (N del suelo + N del fertilizante), pH del suelo y los años de agricultura continua. Para ensayos realizados en Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires el coeficiente de determinación entre el nitrógeno en el suelo más fertilizante y el rendimiento fue del 56%. Orcellet *et al.*, (2015) además de las metodologías mencionadas anteriormente propone el uso del nitrógeno incubado anaeróbicamente, el cual es calificado como simple, preciso y rápido. Además este último es un buen estimador del nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo de maíz en diferentes zonas de la región Pampeana (Orcellet, 2015)

El análisis de nitratos en suelo en V5 - V6 es una metodología muy vieja a la hora de diagnosticar nitrógeno. La metodología se basa en el contenido de N disponible en el suelo (0-30cm) que representa el N disponible a la siembra, sumado al N aportado por la mineralización de la materia orgánica. Melchiori *et al.*, (1996) en Entre Ríos encontraron niveles críticos de 17,4 mg kg<sup>-1</sup>. Ferrari *et al.*, (2001) reportaron niveles críticos de 18-20 mg kg<sup>-1</sup> para el norte de Buenos Aires. En el sudeste bonaerense se esperan respuestas a la aplicación de N si el nivel de N-nitratos es menor de 15-27 mg kg<sup>-1</sup> dependiendo del rendimiento alcanzado (Sainz Rosas *et al.*, 2000). Para maíces en secano con rindes

medios de 9 toneladas los niveles críticos se ubicaron entre 15 y 17 mg kg<sup>-1</sup> N-Nitratos según estudios de García *et al.*, (1997); Sainz Rosas *et al.*, (2000). Por otro lado Bianchini (2004) encontró, para ensayos en Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe, un valor crítico de 19 mg kg<sup>-1</sup>.

Espósito *et al.*, 2006 dicen que para Río Cuarto si no se considera la oferta hídrica los nitratos en V6 no sirven para nada.

La eficiencia de uso de este nutriente es determinada como los kg de grano extra obtenidos por kg de nutriente aplicado. La eficiencia se puede estudiar desde los rendimientos de los cultivos, la recuperación en planta y la extracción de nutrientes por el sistema. Existiendo distintos índices para su cálculo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Índices agronómicos para la eficiencia de uso de nutrientes.

Índices	Cálculos	Rango de referencia para cereales
Eficiencia agronómica	EA = (kg Δrendimiento del cultivo / kg de nutriente aplicado)	10-30 kg/kg N (>25 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo)
Eficiencia de absorción	EAbs = (kg de nutriente absorbido / kg de nutriente aplicado)	0,3-0,5 kg/kg N (0,5-0,8 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo)
Eficiencia fisiológica	EF = (kg Δrendimiento / kg de nutriente absorbido)	30-90 kg/kg N (55-65 es un rango óptimo para una nutrición balanceada a altos niveles de rendimiento)

(Adaptado de Dobermann, 2007; Snyder y Bruulsema, 2007).

La eficiencia agronómica es un índice utilizado frecuentemente que incluso permite una rápida evaluación económica de la práctica de fertilización ya que relaciona la respuesta en rendimiento con la cantidad de nutriente aplicado, que puede compararse con la relación de precios insumo/producto. Siempre que la eficiencia agronómica sea mayor que la relación de precios, la práctica será económicamente ventajosa (Barbazán y García, 2014).

La eficiencia en el uso del N (EUN) depende principalmente de su disponibilidad, la que presenta no sólo una variabilidad temporal sino también espacial (Albarenque *et al.*, 2012). Las variaciones espaciales de la disponibilidad de N dentro de un lote se deben fundamentalmente a diferencias en calidad de los suelos (Melchiori *et al.*, 2009).

La eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) fue estimada por Dale (1997), Tkachuk (1977) y Keeney (1982) en aproximadamente un 33%, a nivel mundial para la producción de cereales (trigo, *Triticum aestivum*, maíz, *Zea mays*, arroz, *Oryza sativa*, cebada, *Hordeum vulgare*, sorgo, *Sorghum bicolor*, mijo, *Pennisetum glaucum*, avena, *Avena sativa*, centeno, *Secale cereale*). El 67% del N restante aplicado representa una elevada pérdida económica valuada en miles de millones de dólares por año. La baja eficiencia es consecuencia de la desnitrificación del suelo, la volatilización, los escurrimientos superficiales y la lixiviación, entre otras posibles causas.

Incrementar la EUN en cereales es posible en sistemas que utilicen variedades con alto índice de cosecha, por incorporar fertilizantes amoniacales, o por aplicación de dosis variables basadas en la detección de zonas de manejo (Raun y Johnson, 1999).

Diversos autores indicaron que estas eficiencias de uso pueden variar debido a la aplicación de distintas prácticas agrícolas como por ejemplo el momento, localización y fuente de N, el estrechamiento entre hileras y la utilización de riego, entre otras (Jokela y Randall 1997; Sainz Rozas *et al.*, 2004; Barbieri *et al.*, 2008). Sin embargo, existen pocos estudios donde se evalúe el efecto de la densidad sobre estas eficiencias; recientemente Cerliani y Espósito (2016), a través del análisis de diversos ensayos llevados a cabo en la región han encontrado que existe interacción entre la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada, sin embargo no evaluaron el efecto de la densidad sobre la EUN.

## **HIPÓTESIS**

La respuesta a la fertilización nitrogenada se modifique con la densidad, ya que con un bajo stand de plantas el efecto beneficioso del N sobre el crecimiento, no será traducido en una mayor producción de grano, debido a que en éstas densidades subóptimas las plantas presentan un crecimiento cercano al que permite la máxima producción individual, contribuyendo así a mejorar la EUN.

## **OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar los cambios en la eficiencia en el uso del nitrógeno en maíz asociados a diferentes dosis de nitrógeno y densidades, en diferentes condiciones hídricas (riego y seco).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Evaluar la influencia de la densidad de siembra sobre la respuesta del rendimiento a la fertilización nitrogenada bajo condiciones de riego y seco.
2. Determinar la dosis óptima de nitrógeno para distintas densidades y condiciones hídricas.
3. Cuantificar la eficiencia de uso de la fertilización nitrogenada (agronómica, de absorción y fisiológica).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un ensayo a campo en un ambiente representativo del centro-sur de Córdoba, Argentina, perteneciente a la unidad ambiental de la llanura sub-húmeda bien drenada. Se seleccionó un sitio experimental en el cual el relieve es muy suavemente ondulado, el suelo es un Hapludol típico, franco arenoso, ubicado en proximidades de la ciudad de Río Cuarto, al centro de la unidad ambiental (33° 06' 12.58''S y 64° 17' 52.57''O, a 435 msnm.), cuyos horizontes son: A (0-20cm), Bw (20-45cm) y C (45cm +) siendo este lugar el Campo de Docencia Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto (CAMDOCEX).

**Tabla 2.** Análisis de suelo (nitrógeno de nitratos) al momento de la siembra.

Condición Hídrica	Bloque	Horizonte	Nitrógeno de nitratos (ppm)
Riego	I	A	9,46
		Bw	8,67
		C	5,58
	II	A	13,21
		Bw	8,08
		C	7,35

El clima de la región es templado sub-húmedo, con un régimen de precipitaciones monzónico, es decir, que concentra las lluvias en el periodo primavera-verano, los valores de precipitaciones anuales rondan los 700 – 800mm. En cuanto a lo que respecta al híbrido de maíz se utilizó un DK7210VT3P, posicionado para ambientes de medio a alto potencial (9.000 a >15.000 kg ha<sup>-1</sup>), con muy buena adaptabilidad en ambas fechas de siembra (Dekalb, 2017).

El experimento se llevó a cabo en 2 condiciones hídricas (riego y seco). En cada una de ellas se utilizaron cuatro densidades de plantas (2,5; 7; 12 y 16 plantas m<sup>-2</sup>). Por último, cada combinación de condición hídrica y densidad de plantas se fertilizó con tres niveles de N (0, 100 y 300 kg ha<sup>-1</sup>), para obtener una curva de respuesta a la fertilización en cada densidad de plantas. En el caso de la condición hídrica riego fueron suministrados un total de 140 mm de agua, repartidos en 4 ocasiones (3 veces con 30 mm y 1 con 50 mm).

**Figura 1.** Plano del ensayo. Los números dentro de las parcelas indican la densidad de siembra (plantas m<sup>-2</sup>) y los inferiores indican la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado (kg ha<sup>-1</sup>).

Secano	16	2,5	7	12	16	2,5	7	12	16	2,5	7	12
	12	16	2,5	7	12	16	2,5	7	12	16	2,5	7
Riego	7	12	16	2,5	7	12	16	2,5	7	12	16	2,5
	2,5	7	12	16	2,5	7	12	16	2,5	7	12	16
	0				100				300			

El diseño experimental que se utilizó es en franjas con arreglo espacial en parcelas sub sub divididas, siendo el factor principal la condición hídrica, el sub factor fue la dosis de N y el sub sub factor la densidad de plantas. Cada unidad experimental consistió en 5 surcos espaciados a 0,525 m con una longitud de 50 m por surco y se realizaron 2 repeticiones espaciales por tratamiento.

En la siembra, que se realizó el 28-10-16, la cual es una fecha demasiado tardía para maíz temprano y muy próxima para una siembra de diciembre, se fertilizó con 140 kg ha<sup>-1</sup> de MESZ (NPKSZn, 10-18-0-10-1) a los fines de evitar deficiencia de fósforo, azufre y/o zinc. El nitrógeno se aplicó al estado de V6 (Ritchie y Hanway, 1997) el 07-12-16, siendo la fuente UAN (NPK, 32-0-0).

Cada parcela se cosechó el 04-04-17 de manera manual, recolectando todas las espigas de 5 m lineales de surco en los surcos centrales de las parcelas. Los datos de rendimiento se corrigieron al 14% de humedad. Además se determinó el peso de 1000 granos a través del conteo manual de dos muestras de 500 granos cada una por parcela y el número de granos se determinó a partir de la relación entre el rendimiento y el peso de 1000 granos (Andrade *et al.*, 1999).



Los datos de rendimiento y sus componentes directos fueron analizados mediante ANAVA y test de comparacion de medias DGC  $p < 0,05$  (Di Rienzo *et al.*, 2013).

En cada combinación de condición hídrica y densidad de plantas, se realizó una regresión con un polinomio de segundo orden, entre el rendimiento y la dosis de N, según la ecuación I, argumentando el objetivo específico N° 2:

$$R = aN^2 + bN + c \quad \text{Ecuación I}$$

dónde, R: Rendimiento por unidad de superficie ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). N: Dosis de N ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ). a, b y c: Parámetros del modelo.

Luego se realizó una optimización tradicional de la ecuación anterior según Dillon y Anderson (1990) a los fines de establecer la DOAN para cada combinación de condición hídrica y densidad de plantas, según la ecuación II, para responder al objetivo específico N° 2:

$$DOAN = \frac{-b}{2a} \quad \text{Ecuación II}$$

dónde, DOAN: Dosis óptima agronómica de Nitrógeno ( $\text{kg de N ha}^{-1}$ ). a y b: Parámetros del modelo.

Finalmente, dentro de cada condición hídrica se compararon las DOAN entre las distintas densidades de plantas, a los fines de verificar si esta última variable afecta la respuesta del rendimiento a la aplicación de nitrógeno y con ello mejorar los métodos de ajuste. Debido a que el set de datos no ajustó al modelo cuadrático se ajustó a un modelo lineal, en el cual la solución de la DOAN es la dosis máxima evaluada, solución de esquina:

$$R = bN + a$$

dónde, R: Rendimiento por unidad de superficie ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). N: Dosis de N ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ). a y b: Parámetros del modelo

Se estableció la eficiencia en el uso del N del fertilizante mediante el método del balance de N para ello se utilizaron las parcelas de 0, 100 y 300  $\text{kg ha}^{-1}$  de N solamente a la densidad de 7 plantas  $\text{m}^{-2}$ , bajo riego y en secano. De este modo se conformaron 3 tratamientos de fertilización nitrogenada, 2 condiciones hídricas y 2 repeticiones espaciales, es decir 12 unidades experimentales.

Según lo propuesto por Dobermann (2007) se evaluaron las eficiencias agronómica, de recuperación y fisiológica del uso del nitrógeno.

a- Determinación de la eficiencia agronómica del nitrógeno del fertilizante (EA): Relación entre el aumento en rendimiento (R) por la fertilización y la cantidad de nitrógeno aplicado (NDOSIS), mediante la ecuación III:

$$EA (kg \text{ grano}/kg N) = \frac{(RFERT - RTEST)}{(NDOSIS)} \quad \text{Ecuación III}$$

dónde, EA: eficiencia agronómica del nitrógeno del fertilizante, RFERT: rendimiento de la parcela fertilizada, RTEST: rendimiento de la parcela testigo y NDOSIS: cantidad de nitrógeno aplicado.

b- Determinación de la eficiencia de recuperación del nitrógeno del fertilizante (ER): Relación entre la cantidad de NABS y el aplicado, mediante la ecuación IV:

$$ER (kg N/kg N) = \frac{(NABS)}{(NDOSIS)} \quad \text{Ecuación IV}$$

dónde, ER: eficiencia de recuperación del nitrógeno del fertilizante, NABS: cantidad total de nitrógeno absorbido por el cultivo, NDOSIS: cantidad de nitrógeno aplicado.

c- Determinación de la eficiencia fisiológica del nitrógeno del fertilizante (EF): Relación entre el aumento en el rendimiento y la cantidad de NABS, mediante la ecuación V:

$$EF (kg \text{ grano}/kg N) = \frac{(RFERT - RTEST)}{(NABS)} \quad \text{Ecuación V}$$

dónde, EF: eficiencia fisiológica del nitrógeno del fertilizante, RFERT: rendimiento de la parcela fertilizada, RTEST: rendimiento de la parcela testigo y NABS: cantidad total de nitrógeno absorbido por el cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Análisis Climático de la Campaña.**

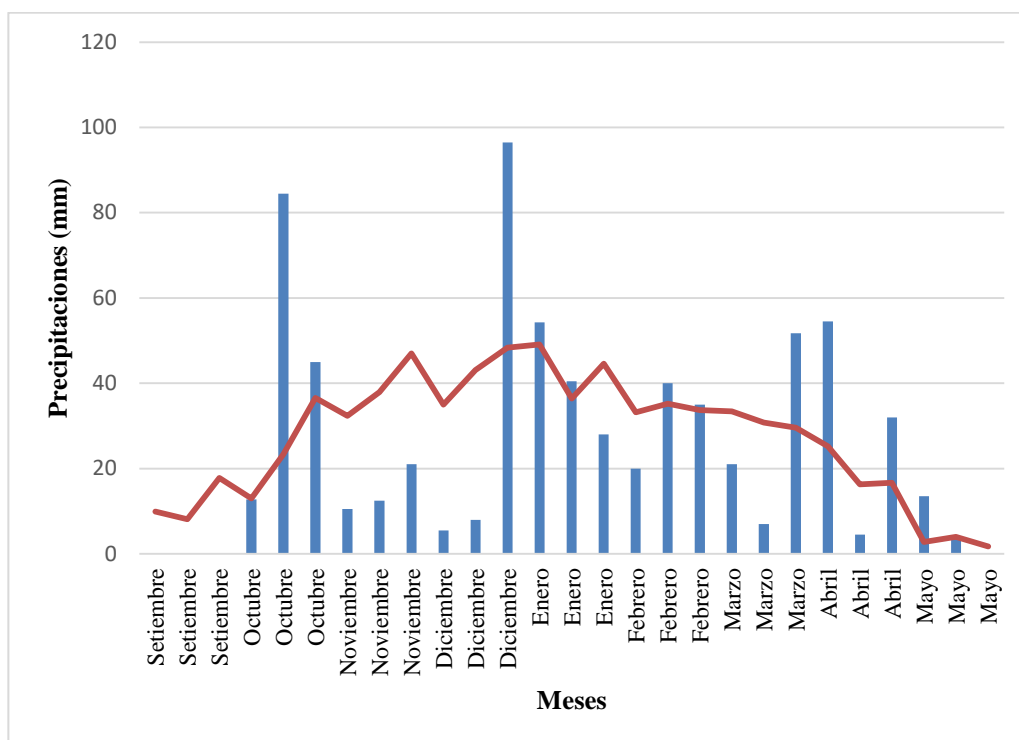
Para analizar la oferta climática en relación con la fenología del cultivo, se utilizó la serie climática obtenida a partir de los valores registrados de la estación meteorológica automática entre los años 1974 y 2017, en comparación con los valores de la campaña 2016/17.

### **Precipitaciones**

En la Figura 2, se muestran las precipitaciones de la campaña 2016-17, las cuales entre siembra y madurez fisiológica (desde fin de octubre hasta fines de marzo) llegaron a un valor de 497 mm, siendo la media histórica para el mismo lapso de tiempo de 606 mm. Este desfase indica que las precipitaciones de la campaña en análisis fueron un 8% inferior a los registros promedios, como se aprecia en la figura durante todo el mes de noviembre hasta el 20 de diciembre las precipitaciones ocurridas fueron inferiores a la media histórica, luego se observa otro déficit de precipitaciones durante la última década de enero y la primera de febrero y una última falta de lluvias ocurrida en la última década de marzo.

Para interpretar el efecto de las precipitaciones sobre el cultivo de maíz, se analizaron las mismas por períodos, dividiendo al ciclo del cultivo en tres fases: desde siembra hasta V13 (donde queda definida gran parte del área foliar), de V13 a R3 (donde queda determinado el número de granos  $m^{-2}$ ) y desde R3-R6 (donde queda definido el peso de granos).

Las precipitaciones para cada fase fueron: 103 mm desde siembra a V13, 219 entre V13 y R3 y para la última fase 123 mm. Estos datos se registraron en la campaña bajo análisis (2016/2017), siendo el registro promedio histórico para siembra – V13 de 232 mm, entre V13 y R3 178 mm y para el último periodo desde R3 a R6 fueron 196 mm. Por lo que las lluvias fueron inferiores para la primera y última etapa, en un 56% y 11%, respectivamente y para el periodo V13-R3 fueron un 23% superior a los valores históricos.



**Figura 2.** Precipitaciones decádicas durante el desarrollo del cultivo (barras azules) y precipitaciones medias normales (línea roja) en Río Cuarto durante la campaña 2016/2017.

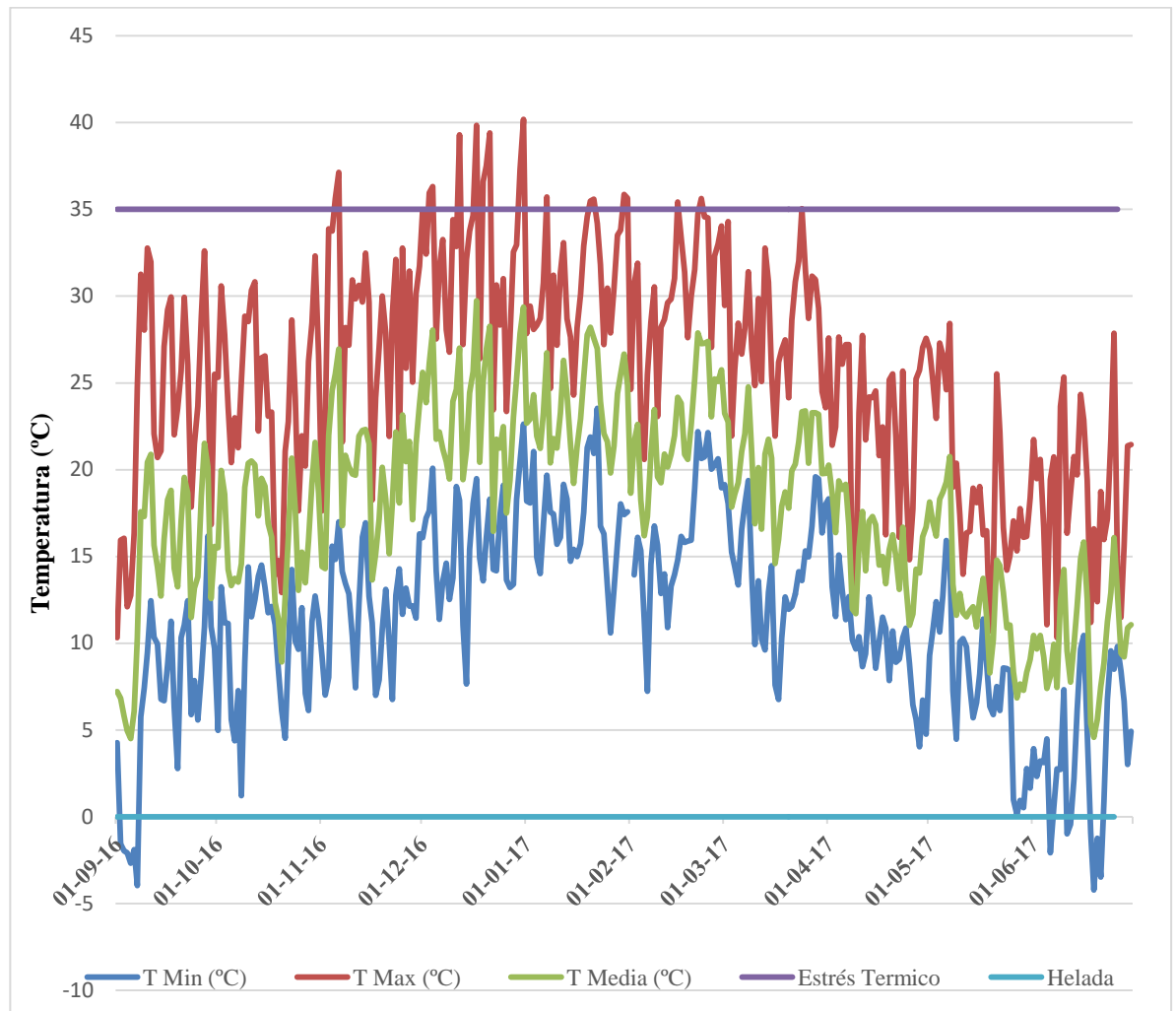
### Temperaturas

En la Figura 3 se puede apreciar la temperatura mínima, máxima y media del aire comprendida durante el ciclo del cultivo (siembra a madurez fisiológica). Analizando las distintas fases del maíz las temperaturas mínimas para cada una fueron: 12,6 °C desde siembra a V13, 17,0 °C entre V13 y R3 y para la última fase 15,2 °C.

Respecto a la temperatura máxima del aire analizando las distintas fases del cultivo las temperaturas fueron: 29,2 °C desde siembra a V13, 31,0 °C entre V13 y R3 y para la última fase 29,1 °C.

La temperatura media del aire fue de 20,7 °C para el periodo S-V13, 23,4 °C para la fase comprendida entre V13 y R3 y 21,3 °C para la última fase (R3-R6).

Cabe resaltar que durante el mes de enero, cuando el cultivo estaba en su período crítico para la definición del rendimiento, sufrió estrés térmico, al superarse los 35°C (Cantarero *et al.*, 1999).



**Figura 3.** Temperaturas mínimas, máximas y medias para la campaña 2016/17.

**Influencia de la densidad de siembra sobre la respuesta del rendimiento a la fertilización nitrogenada bajo condiciones de riego y secano.**

En la Tabla 3, se presenta la respuesta del rendimiento y sus componentes directos a la fertilización y la condición hídrica.

**Tabla 3.** Rendimiento del cultivo de maíz y sus componentes correspondientes a la densidad de 7 plantas m<sup>-2</sup>.

Condición hídrica	Bloque	Fertilización (kg N ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Número de granos m <sup>-2</sup>	Peso de 100 granos (g)
Riego	I	0	10866 A	3828	32,12
		100	11838 B	4322	31,80
		300	13651 C	4376	31,70 A
	II	0	10193 A	3957	32,53
		100	12527 B	3877	28,75
		300	14065 C	4763	30,64
Secano	I	0	10865 A	4032	31,05
		100	12062 A	4674	28,23
		300	12196 A	4621	27,17 B
	II	0	11914 A	4547	28,10
		100	12031 A	4109	29,23
		300	11033 A	4143	28,08

En columnas letras distintas indican diferencia estadísticamente significativa según test DGC  $p < 0,05$ .

Como se puede apreciar, en condiciones de riego hubo una respuesta positiva a la fertilización con nitrógeno, mientras que en condiciones de secano la respuesta no se presentó.

Para este caso bajo estudio, se encontró un efecto de interacción entre condición hídrica y rendimiento, en condiciones de riego hubo diferencia estadísticamente significativa entre las tres dosis de N siguiendo el gradiente  $300 > 100 > 0$ .

Respecto el valor de número de granos m<sup>-2</sup> en los tratamientos con riego y en secano, y en los distintos casos de fertilización no hubo diferencia estadísticamente significativa debido a la limitación hídrica sufrida por el cultivo 15 - 20 días antes de la floración, que es el período en el cual se define este componente. Con respecto al peso de granos hubo diferencia estadísticamente significativa debido a que bajo condiciones de riego se dieron mejores condiciones para el llenado de los granos.

Los altos rendimientos en el cultivo de maíz están asociados con ambientes con de alta radiación solar y temperaturas óptimas, maximizándose el mismo cuando la amplitud térmica se incrementa (Cantarero *et al.*, 1999). Posiblemente, los rendimientos

no fueron mayores debido a menor radiación solar que hubo en la estación de crecimiento del cultivo.

#### **Determinación de la dosis óptima agronómica de nitrógeno (DOAN).**

Los datos de respuesta del rendimiento a la dosis de nitrógeno ajustaron a un modelo lineal ( $y = a + bx$ , donde  $y$  es el rendimiento obtenido,  $x$  la dosis de nitrógeno aplicada,  $a$  y  $b$  parámetros del modelo), los parámetros ajustados para cada condición hídrica y densidad de siembra se presentan en la Tabla 4:

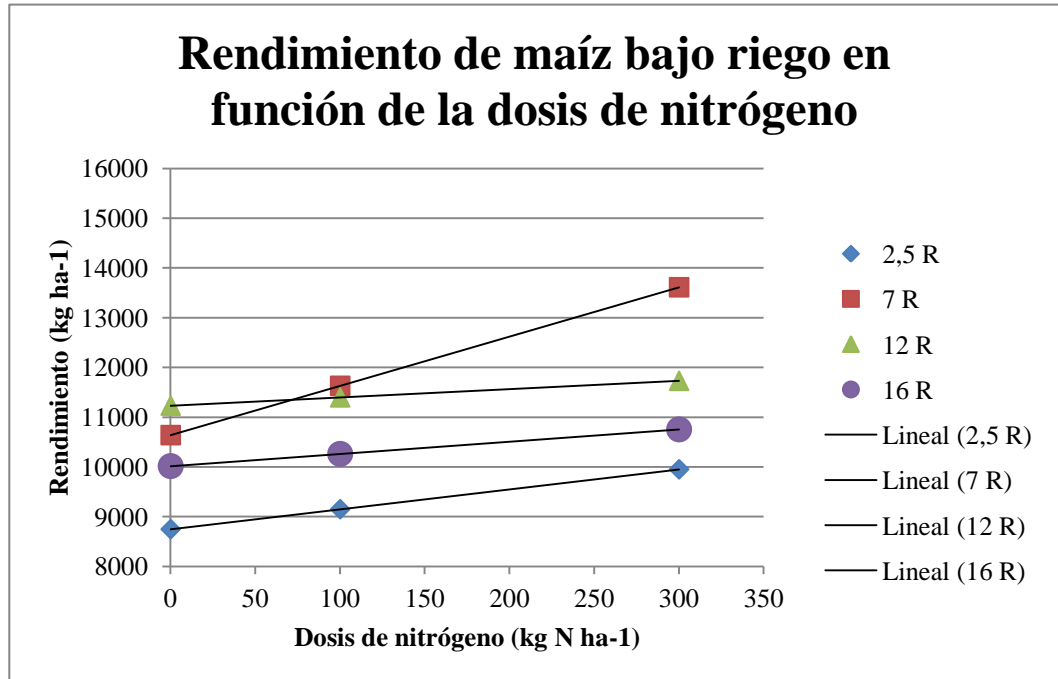
**Tabla 4.** Parámetros de la regresión lineal obtenidos para cada combinación de condición hídrica y densidad de siembra.

Condicion hidrica	Densidad de siembra (plantas m <sup>-2</sup> )	Parámetro a	Parámetro b	Dosis óptima agronómica de nitrógeno (kg N)
Riego	2,5	8746,72	4,01	300
	7	10637,24	9,91	300
	12	11230,83	1,66	300
	16	10014,87	2,46	300
Secano	2,5	9922,69	1,25	300
	7	11643,33	0,24	300
	12	11231,45	-2,73	0
	16	9304,36	4,37	300

En la mayoría de los casos evaluados la DOAN fue la máxima probada, ya que al ser la respuesta lineal el máximo rendimiento se obtuvo con la mayor dosis, excepto en el caso de secano con 12 plantas ha<sup>-1</sup>. Posiblemente, esto se explique por las excelentes condiciones ambientales (precipitaciones principalmente) ocurridas durante el ciclo de crecimiento del cultivo, lo cual se evidencia en los altos rendimientos obtenidos y a la escasa diferencia entre riego y secano. Esto coincide con lo reportado por Espósito *et al.*, (2015), quienes indicaron que en excelentes condiciones hídricas, con sistemas de riego, para alcanzar altos rendimientos es necesario la aplicación de altas cantidades de fertilizantes sobre todo nitrógeno, señalando además la necesidad de aplicarlo también en estadios avanzados del cultivo (llenado de granos) para asegurar una buena provisión de nitrógeno.

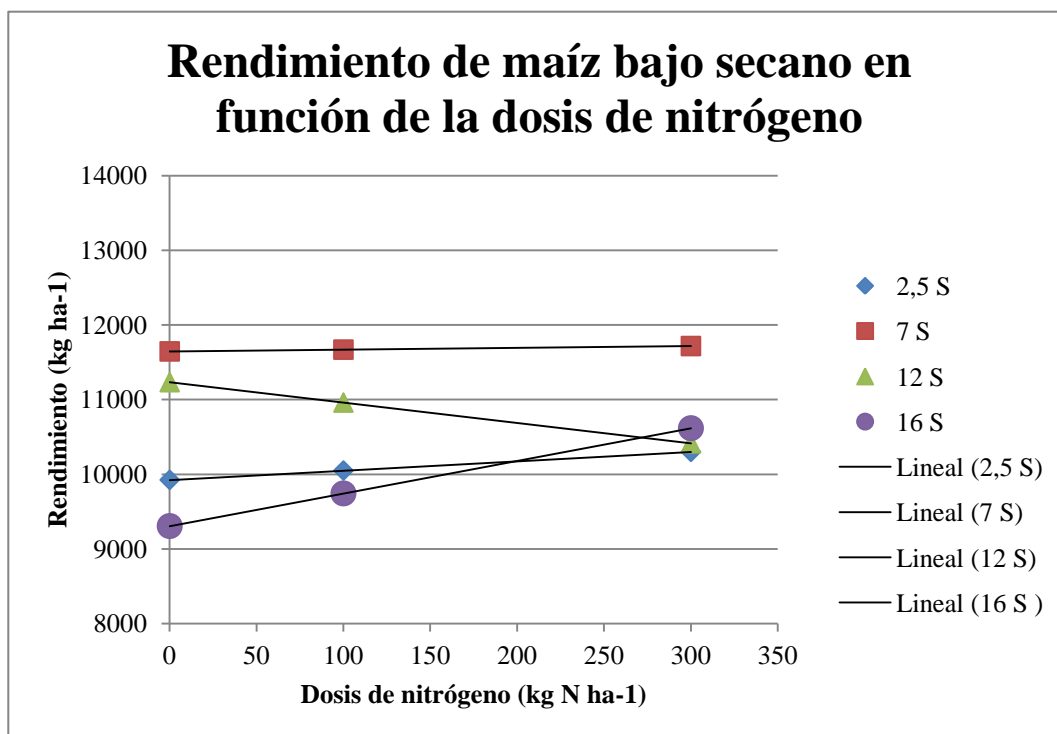
Además se debe considerar que si se aumenta la densidad de siembra, esto implica una mayor demanda de nutrientes por parte del cultivo, por ende se debe aumentar la dosis de fertilizantes nitrogenados.

En la Figuras 5 y 6 se presenta la respuesta del rendimiento a la aplicación de nitrógeno para cada densidad de siembra en las condiciones hídricas de riego y secano.



**Figura 5.** Rendimiento de maíz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en función de la dosis de nitrógeno ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) para la condición hídricas riego (R-Riego) en las densidades evaluadas (2,5; 7; 12 y 16  $\text{pl m}^{-2}$ ).





**Figura 6.** Rendimiento de maíz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en función de la dosis de nitrógeno ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) para la condición hídrica seca (S-Secano) en las densidades evaluadas (2,5; 7; 12 y 16  $\text{pl m}^{-2}$ ).

Cerrato y Blackmer (1990) en un estudio realizado en el Estado de Iowa (EE.UU.) evaluaron 5 modelos (lineal plateau, cuadrático plateau, cuadrático, exponencial y raíz cuadrada) para describir la respuesta del rendimiento de maíz a la fertilización con nitrógeno. Éstos encontraron considerables diferencias entre los modelos para indicar la dosis óptima debido a la relación de precios. Algunos de los modelos indicaron la dosis de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ , como el caso del cuadrático plateau, cuadrático y exponencial. El que mejor se ajustó para el sitio donde se realizó el estudio fue el cuadrático plateau con un  $R^2 = 0,95$ .

#### Eficiencia en el Uso de Nitrógeno

En la Tabla 5, se presentan los valores de eficiencia agronómica, de recuperación y fisiológica del nitrógeno, para los tratamientos de fertilización en la densidad de 7  $\text{pl m}^{-2}$ . (Falta el de  $300 \text{ kg N ha}^{-1}$  bloque II seco debido a fallas en los datos).

**Tabla 5.** Eficiencias en el uso del nitrógeno para maíz (Río Cuarto, campaña 2016/2017).

Condición Hídrica	Bloque	Fertilización (kg N ha <sup>-1</sup> )	Eficiencia Agronómica	Eficiencia de Recuperación	Eficiencia Fisiológica
Riego	I	100	16,61	0,22	73,26
		300	16,45	0,21	74,68
	II	100	9,28	0,12	61,05
		300	12,90	0,17	60,10
Secano	I	100	11,97	0,16	71,89
		300	11,66	0,02	68,07
	II	100	4,43	0,58	77,70

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los valores de Eficiencia Agronómica en riego ( $p=0,7123$ ) y secano ( $p=0,7654$ ), como así tampoco para sus componentes, la eficiencia de Recuperación ( $p=0,7119$  bajo riego y  $p=0,2309$  en secano) y la Fisiológica ( $p=0,9826$  en la condición de riego y  $p=0,3474$  en la condición de secano). Estos resultados contrastan con lo reportado por Ciampitti y Vyn (2011) quienes en la Universidad de Purdue (Estado de Indiana, EE.UU.) efectuaron un experimento combinando 3 densidades de siembra (5,4; 7,9 y 10,4 plantas m<sup>-2</sup>) y 3 dosis de fertilizantes nitrogenados (0, 165 y 330 kg ha<sup>-1</sup>) y encontraron que a medida que se incrementan los kilogramos de nitrógeno aplicados, la eficiencia de uso del nitrógeno y sus componentes disminuyen aplicando más de 200 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>.

La diferencia entre los resultados obtenidos por Ciampitti y Vyn (2011) y los encontrados en este estudio, pueden explicarse por las diferencias en las condiciones ambientales en las cuales se llevaron a cabo las experiencias, por otro lado, el hecho de no haber empleado el mismo genotipo puede explicar la no coincidencia de los resultados, ya que el principal efecto del mejoramiento genético de los cultivos fue aumentar las eficiencias de uso del nitrógeno a través de un mayor índice de cosecha (Austin *et al.*, 1980; Le Gouis *et al.*, 2000; Manske *et al.*, 2000; Echarte, 2003) y los híbridos utilizados en Estados Unidos pueden tener un mayor grado de mejoramiento genético que los utilizados en la Argentina.

La eficiencia de uso del nitrógeno, como se dijo anteriormente puede dividirse en tres componentes: eficiencia agronómica, eficiencia de absorción o recuperación y eficiencia fisiológica o interna.

La eficiencia agronómica representa los kilogramos de grano producido por cada kilogramo de nitrógeno aplicado, presentaron valores similares a los reportados por

Ciampitti y Vyn (2011). La eficiencia fisiológica es el cociente entre los kilogramos de grano producido por kilogramo de nutriente aplicado, en este parámetro los valores hallados son superiores a los obtenidos por los mencionados autores. La eficiencia de recuperación son los kilogramos de nitrógeno absorbidos por kilogramo de nitrógeno aplicado, los resultados encontrados presentan valores algo inferiores a los hallados en la bibliografía.

## CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en esta experiencia permiten concluir que para las condiciones bajo las cuales se desarrolló el trabajo, la condición hídrica modificó la respuesta a la fertilización, en la condición de riego se encontró respuesta al rendimiento según el nitrógeno aplicado mientras que en secano no se encontró respuesta.

Al analizar la respuesta al nitrógeno, en una densidad de 7 plantas  $m^{-2}$ , densidad comúnmente utilizada por los productores locales en siembras tempranas, la respuesta fue lineal positiva, por lo tanto las dosis óptimas agronómicas coincidieron con las máximas evaluadas, posiblemente en un futuro sea necesario incluir dosis más elevadas o repartidas en el tiempo durante el ciclo del cultivo a fin de obtener una respuesta cuadrática o lineal plateau que permiten determinar con certeza la DOA.

Finalmente no se encontraron cambios en la eficiencia agronómica, ni de sus componentes al aumentar la dosis de nitrógeno.

En síntesis estos estudios resultan de gran interés para el avance en el diagnóstico de fertilización nitrogenada, por lo que se resalta la importancia de repetirlos en diferentes condiciones.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALBARENQUE S.M.; CAVIGLIA O.P. Y MELCHIORI R.J.M. 2012. Evaluación de la eficiencia en el uso de nitrógeno y respuesta a la fertilización nitrogenada por ambiente en el cultivo de maíz. En: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2013/09/INTA-Evaluacio%CC%81n-en-el-uso-de-nitro%CC%81geno-en-mai%CC%81z.pdf>. Consultado 03-08-18.
- ANDRADE, F.; A. CIRILO; S. UHART y M. OTEGUI. 1996. *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. Editorial La Barrosa. Dekalbpres. INTA, FCA-UNMP. Balcarce, Argentina.
- ANDRADE, F; C. VEGA; S. UHART; M. CANTARERO y O. VALENTINUZ. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Sci.* 39:453-459.
- AUSTIN, R.B.; J. BINGHAM; R.D. BLACKWELL; L.T. EVANS; M.A. FORD; C.L. MORGAN y M. TAYLOR. 1980. Genetics improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes. *J Agric Sci.* 94:675-689.
- BARBAZAN, M.M. y F.O. GARCIA. 2014. Evaluación de la fertilidad y recomendaciones de fertilización. En: *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Ediciones INTA. Buenos Aires. 2° edición. Cap. 13. p: 379-398.
- BARBERIS L., E. CHAMORRO, C. BAUMMAN PONAY, D. ZOURAKIS, D. CANOVA y S URRICARIET. 1985. Respuesta del cultivo de maíz a la fertilización nitrogenada en la Pampa Ondulada. Campaña 1980/81 – 1983/84. II. Modelos Predictivos y Explicativos. *Rev. Fac. Agronomía.* 6:65-84.
- BARBIERI, P.A.; H.R. SAINZ ROZAS y H.E. ECHEVERRIA. 2008. Time of nitrogen application affects nitrogen use efficiency of wheat in the humild pampas of Argentina. *Canadian Journal of Plant Science.* 88:849-857.
- BIANCHINI A. 2004. Nutrición en la rotación: Cinco años de la red de ensayos de ensayos de AAPRESID-INPOFOS. Resultados de maíz de la campaña 2003/04. Maíz en siembra directa. AAPRESID. Rosario. Santa Fe. Pp. 71-75.
- BIANCO, C.A.; T.A. KRAUS y C.O. NUÑEZ. 2007. *Botánica Agrícola*. 2° edición. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.

- CANTARERO, M.G.; A.G. CIRILO y F.H. ANDRADE. 1999. Night Temperature at Silking Affects Kernel Set in Maize. *Crop Sci.* 39: 703-710.
- CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A.; WALTERS, D.T. y H. YANG. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28, 315–358.
- CAVIGLIA O.P. y R.J.M. MELCHIORI. 2011. Contribution of contrasting plant hierarchies to the response to N fertilizer in maize. *Field Crops Research.* 122:131–139.
- CERLIANI, C. y G.P. ESPOSITO. 2016. Importancia de la interacción nitrógeno: densidad en la dosificación de N para incrementar la EUN del Maíz. Actas XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- CERRATO, M.E. y A.M. BLACKMER. 1990. Comparison of Models for Describing Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer. *Agron J.* 82:139-143.
- CIAMPITTI, I.A. y T.J. VYN. 2011. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. *Field Crop Research.* 121:2-18.
- DALE, N. 1997. Ingredient analysis table. Ed. Feedstuffs. 69(30): 24–31.
- DEKALB. 2017. En: <http://www.dekalb.com.ar/maiz> . Consultado el 22-02-2017.
- DILLON, J. y J. ANDERSON. 1990. *The Analysis of Response in Crop and Livestock Production*. Pergamon Press, New York.
- DI RIENZO J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. INFOSTAT versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.infostat.com.ar>
- DOBERMANN, A. 2007. Nutrient Use Efficiency – Measurement and management. **IFA Internacional Workshop on fertilizar best management practices**. Bruselas, Bélgica.

- ECHARTE, L. 2003. Determinación del rendimiento en híbridos de maíz liberados en distintas décadas. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- ECHEVERRIA, H.E. y F.O. GARCÍA. 2014. *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Ediciones INTA. Buenos Aires. 2° edición.
- ESPÓSITO, G.; C. CASTILLO y R. BALBOA. 2006. Calibración y validación de un método de diagnóstico de fertilización nitrogenada en maíz para el sur de Córdoba (Argentina). *Revista de Investigación Agraria. RIA*, 35(3):45-63. INTA Argentina.
- ESPÓSITO, G.; G. BALBOA; C. CERLIANI y R. BALBOA. 2015. Rendimiento potencial de maíz. En: *El cultivo de maíz en San Luis*. INTA Ediciones. Cap 2.1. p. 32-52
- ESPÓSITO, G.; C. CERLIANI y R. NAVILLE. 2018. Densidad óptima de siembra en maíz y su interacción con la oferta nitrogenada. *Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*.
- FERRARI M., F. RIMATORI, G. FERRARIS, J. OSTOJIC, M. GALETTO y R. GÓMEZ. 2001. Diagnóstico de deficiencias de N en maíz basado en la concentración de nitratos en savia. VII Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina
- GAMBAUDO, S. y H. FONTANETTO. 1996. Fertilización. En *Maíz. Información para Extensión*. EEA INTA Rafaela, Santa Fe.
- GARCÍA F., K. FABRIZZI, M. RUFFO y P. SCARABICCHI. 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. *Actas VI Congreso Nacional de Maíz*. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- GARCÍA, F.O.; M. BOXLER; J. MINTEGUIAGA; H. BLANCO; R. HOUSSAY; G. DEZA MARIN y A. BERARDO. 2005. *Efectos directos y residuales de la fertilización en maíz: resultados de la red de nutrición CREA Sur de Santa Fe*. *Actas VIII Congreso Nacional de Maíz*, Pág. 154-157.
- GARCÍA, F.O.; M. BOXLER; J. MINTEGUIAGA; R. POZZI; L. FIRPO; I. CIAMPITTI; A. CORRENDO; F. BAUSCHEN; A. BERARDO y N. REUSSI CALVO. 2010. *La Red CREA Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe*. Resultados y conclusiones de los primeros diez años, 2000-2009, 62 pág.

- GEAR. 2006. Maíz y Nutrición, informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. En: <http://www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf>. Consultado el 20-10-2016.
- IPNI. 2018. Archivo agronómico número 2: Síntomas de deficiencias nutricionales en maíz. En: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/57F0DBAD94E9700303257967007CF737/\\$FILE/AA%202.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/57F0DBAD94E9700303257967007CF737/$FILE/AA%202.pdf). Consultado el 04-09-2018.
- JOKELA, W.E. y G.W. RANDALL. 1997. Fate of fertilizer nitrogen as affected by time and rate of application on maize. *Soil Sci Soc Am J.* 61:1695-1703
- KEENEY, D.R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. En: F.J. Stevenson (ed.) Nitrogen in agricultural soils. Agron. Monogr. 22. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 605–649.
- LE GOUIS, J; D. BEGHIN; E. HEUMEZ y P. PLUCHARD. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. *Eur J Agron.* 12:163-173.
- MADDONI, G.A.; R. RUIZ; P. VILARIÑO y I. GARCIA. 2003. Fertilización en los cultivos de grano. En: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. FAUBA. Cap. 19. p. 499-557.
- MADDONNI, A.G. 2011. Analysis of the climatic constrains to maize production in the current agricultural region of Argentina-a probabilistic approach. *Theor Appl Climatol.*
- MANSKE, G.G.; J.L. ORTIZ-MONASTERIO, M VAN GINKEL, R.M. GONZALEZ; S. RAJARAM; E. MOLINA y P.L.G. VLEK. 2000. Traits associated with improved P-uptake efficiency in CIMMYT's semidwarf spring wheat grown on an acide Andisol in Mexico. *Plant soil.* 221:189-204.
- MELCHIORI, R., O, PAPAROTTI y W. PAUL. 1996. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada de maíz: nitratos en preescardilla. Serie de Extensión N°11. EEA INTA Paraná. Entre Ríos.



- MELCHIORI, R.J.M. 2002. *Fertilización de trigo, soja y maíz en Entre Ríos*. Jornada de Actualización Técnica Fertilidad 2002. INFOFOS. Pág. 24-30.
- MELCHIORI, R.; S. ALBARENQUE; G. SCHULZ y A. KEMERER, A. 2009. Determinación de zonas de manejo mediante relevamiento de suelos y herramientas informáticas. Congreso de Agroinformática. 38° Jornadas Argentinas de Informática Actas en CD.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA. 2018. En: <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Consultado el 25-07-2018.
- MISTRORIGO, D. y O. VALENTINUZ. 2004. *Fertilización de maíz en siembra directa en suelos molisoles y vertisoles del oeste de Entre Ríos*. Revista Científica Agropecuaria 8: 99-107.
- ORCELLET, J.M. 2015. Contribución del nitrógeno incubado en anaerobiosis al diagnóstico de nitrógeno en maíz. Tesis M.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP. Balcarce, Argentina.
- ORCELLET, J.M, N.I. REUSSI CALVO, H.E. ECHEVERRÍA, H. SAINZ ROZAS, N.V. DIOVISALVI y A. BERARDO. 2015. ¿Podemos mejorar el diagnóstico de nitrógeno en maíz en la Región Pampeana?. Trabajo presentado en el Simposio Fertilizar. En: <http://www.laboratoriofertilab.com.ar/Trabajos/2015-Simposio-Fertilidad-Diagnostico-nitrogeno-maiz.pdf>. Consultado 29-11-2018.
- RAUN, W.R. y V. JOHNSON. 1999. Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. *Agron J.* 91:357-363
- RITCHIE, S.W. y J.J. HANWAY. 1997. *How a corn plant develops*. Special Reports Num. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames. Iowa.
- RUIZ, R.A, SATORRE, E.H. MADDONNI, G.A., CARCOVA, J. y OTEGUI, M.E. 2001. Umbrales de decisión para la fertilización nitrogenada en maíz. En Actas VII Congreso Nacional de Maíz Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- SAINZ ROZAS H., H. ECHEVERRÍA, G. STUDDERT y G. DOMINGUEZ. 2000. Evaluation of the presidedress soil nitrogen test por no-tillage maize fertilized at planting. *Agron J.* 92:1176-1183.

- SAINZ ROZAS H., H. ECHEVERÍA, E. HERFURT y G. STUDDERT. 2001. Nitrato en la base del tallo de maíz. II. Diagnóstico de la nutrición nitrogenada. *Ciencia del Suelo* 19(2):125-135.
- SAINZ ROZAS, H.R.; H.E. ECHEVERRIA y P.A. BARBIERI. 2004. Nitrogen balance as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize. *Agron J.* 96: 1622-1631.
- SCHARF, P.C.; W.J. WIEBOLD; J.A. LORY. 2002. Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer Timing and Deficiency Level. *Agron J.* 94:435–441.
- SCHARF, P.C.; N. KITCHEN; K. SUDDUTH; J. DAVIS; V. HUBBARD y J. LORY. 2005. Field Scale Variability in optimal Nitrogen Fertilizer Rate for Corn. *Agron J.* 97:452-461.
- SCHMIDT, J.P.; DEJOIA, A.J.; FERGUSON, R.B.; TAYLOR, R.K.; YOUNG, R.K.; HAVLIN, J.L. 2002. Corn Yield Response to Nitrogen at Multiple In-Field Locations. *Agron J.* 94:798–806.
- SENIGAGLIESI C., R. GARCÍA y M.L de GALETTO. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosfatada en el área centro-norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe. III Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino.
- TAWAINGA; KATSVAIRO, W.; COX, W.J.; VAN ES, H.M. 2003. Spatial Growth and Nitrogen Uptake Variability of Corn at Two Nitrogen Levels. *Agron J.* 95:1000–1011.
- TKACHUK, R. 1977. Calculation of the nitrogen-to-protein conversion factor. In J.H. Hulse et al. (ed.) Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. Int. Dev. Res. Ctr., Ottawa, ON. p. 78–82.
- VAN OPSTAL, N.V.; GREGORUTT, V.C.; CAVIGLIA, O.P.; y MELCHIORI, R.J.M. 2014. *Eficiencia de uso del nitrógeno y sus componentes en maíz, en función de la densidad de plantas y dosis de fertilización.* Actas X Congreso Nacional del Maíz.

## ANEXOS

Salidas del software estadístico Infostat

### Análisis de regresión lineal (Densidad: 2,5 pl m<sup>-2</sup> bajo riego)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	0.48	0.35	948875.51	98.02	97.39

### Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
VIF							
const	8746.72		378.83	7694.91	9798.54	23.09	<0.0001
FERT	4.01	2.07	-1.75	9.77	1.93	0.1254	4.19 1.00

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1501761.19	1	1501761.19	3.74	0.1254
FERT	1501761.19	1	1501761.19	3.74	0.1254
Error	1607376.95	4	401844.24		
<b>Total</b>	<b>3109138.14</b>	<b>5</b>			

### Análisis de regresión lineal (densidad: 2,5 pl m<sup>-2</sup> seco)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	0.21	0.02	216396.53	91.49	90.86

### Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
VIF							
const	9922.69		219.82	9312.36	10533.01	45.14	<0.0001
FERT	1.25	1.20	-2.09	4.60	1.04	0.3571	2.07 1.00

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	146337.10	1	146337.10	1.08	0.3571
FERT	146337.10	1	146337.10	1.08	0.3571
Error	541212.64	4	135303.16		
<b>Total</b>	<b>687549.74</b>	<b>5</b>			

### Análisis de regresión lineal (densidad 7 pl m<sup>-2</sup> bajo riego)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	0.87	0.83	596466.85	97.27	96.65

#### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
	VIF						
const	10637.24		355.96	9648.92	11625.55	29.88	<0.0001
FERT	9.91	1.95	4.49	15.32	5.08	0.0071	21.85

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9157330.99	1	9157330.99	25.81	0.0071
FERT	9157330.99	1	9157330.99	25.81	0.0071
Error	1419157.79	4	354789.45		
Total	10576488.78	5			

#### Análisis de regresión lineal (7 pl m<sup>-2</sup> secano)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	3.0E-03	0.00	1189459.60	98.49	97.86

#### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
	VIF						
const	11643.33		394.04	10549.29	12737.36	29.55	<0.0001
FERT	0.24	2.16	-5.75	6.23	0.11	0.9174	1.21

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5294.71	1	5294.71	0.01	0.9174
FERT	5294.71	1	5294.71	0.01	0.9174
Error	1739012.68	4	434753.17		
Total	1744307.39	5			

#### Análisis de regresión lineal (12 pl m<sup>-2</sup> bajo riego)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	0.06	0.00	3045698.47	103.84	103.22

#### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
<u>VIF</u>							
const	11230.83		615.68	9521.43	12940.24	18.24	0.0001
FERT	1.66	3.37	-7.70	11.03	0.49	0.6476	1.39

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	258319.37	1	258319.37	0.24	0.6476
FERT	258319.37	1	258319.37	0.24	0.6476
Error	4245494.61	4	1061373.65		
Total	4503813.98	5			

#### Análisis de regresión lineal (12 pl m<sup>-2</sup> secano)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	0.26	0.07	962057.76	99.30	98.67

#### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
<u>VIF</u>							
const	11231.45		421.42	10061.39	12401.50	26.65	<0.0001
FERT	-2.73	2.31	-9.14	3.68	-1.18	0.3027	2.32

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	694501.52	1	694501.52	1.40	0.3027
FERT	694501.52	1	694501.52	1.40	0.3027
Error	1989092.32	4	497273.08		
Total	2683593.84	5			

#### Análisis de regresión lineal (16 pl m<sup>-2</sup> bajo riego)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	0.34	0.18	441423.87	95.60	94.98

#### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
<u>VIF</u>							
const	10014.87		309.82	9154.67	10875.06	32.32	<0.0001
FERT	2.46	1.70	-2.25	7.17	1.45	0.2211	2.88

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	563671.86	1	563671.86	2.10	0.2211
FERT	563671.86	1	563671.86	2.10	0.2211
Error	1075071.12	4	268767.78		
Total	1638742.98	5			

**Análisis de regresión lineal (16 pl m<sup>-2</sup> secano)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
RTO	6	0.33	0.17	2129462.50	102.79	102.17

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
	VIF						
const	9304.36	563.87	7738.79	10869.92	16.50	0.0001	
FERT	4.37	3.09	-4.21	12.94	1.41	0.2304	2.80

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1778504.71	1	1778504.71	2.00	0.2304
FERT	1778504.71	1	1778504.71	2.00	0.2304
Error	3561094.47	4	890273.62		
Total	5339599.17	5			

**Análisis de la varianza (eficiencia agronómica)**

ch	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R	eagr	4	0.08	0.00	29.49

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.99	1	2.99	0.18	0.7123
fert	2.99	1	2.99	0.18	0.7123
Error	33.17	2	16.58		
Total	36.16	3			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=17.5213**

Error: 16.5829 gl: 2

fert	Medias n	E.E.
100.00	12.95	2
300.00	14.68	2

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

ch	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	eagr	4	0.06	0.00	98.97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.		5.62	1	5.62	0.12	0.7654
fert	5.62	1	5.62	0.12	0.7654	
Error	96.40	2	48.20			
Total	102.02	3				

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=29.8722***Error: 48.2018 gl: 2*

fert	Medias	n	E.E.	
300.00	5.83	2	4.91	A
100.00	8.20	2	4.91	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Análisis de la varianza (eficiencia de recuperación)**

ch	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R	ef	4	0.08	0.00	29.46

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.		5.1E-04	1	5.1E-04	0.18	0.7119
fert	5.1E-04	1	5.1E-04	0.18	0.7119	
Error	0.01	2	2.8E-03			
Total	0.01	3				

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.2276***Error: 0.0028 gl: 2*

fert	Medias	n	E.E.	
100.00	0.17	2	0.04	A
300.00	0.19	2	0.04	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

ch	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	ef	4	0.59	0.39	112.74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.		0.13	1	0.13	2.90	0.2309
fert	0.13	1	0.13	2.90	0.2309	
Error	0.09	2	0.04			
Total	0.22	3				

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.9066***Error: 0.0444 gl: 2*

fert	Medias	n	E.E.	
300.00	0.01	2	0.15	A
100.00	0.37	2	0.15	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )***Análisis de la varianza (eficiencia fisiológica)**

ch	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----	----------	---	----------------	-------------------	----

R ef fis 4 3.0E-04 0.00 14.14

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		0.05	1	0.05	6.1E-04 0.9826
fert	0.05	1	0.05	6.1E-04	0.9826
Error	180.92	2	90.46		
Total	180.98	3			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=40.9232**

Error: 90.4622 gl: 2

fert	Medias	n	E.E.
100.00	67.16	2	6.73 A
300.00	67.39	2	6.73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

ch	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	ef fis	4	0.43	0.14	5.06

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		20.02	1	20.02	1.48 0.3474
fert	20.02	1	20.02	1.48	0.3474
Error	26.98	2	13.49		
Total	47.00	3			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=15.8027**

Error: 13.4893 gl: 2

fert	Medias	n	E.E.
300.00	70.32	2	2.60 A
100.00	74.80	2	2.60 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Análisis de la varianza (número de granos m<sup>-2</sup>)**

CH	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R	NG/m2	6	0.73	0.54	5.89

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		481385.33	2	240692.67	3.96 0.1439
FERT	481385.33	2	240692.67	3.96	0.1439
Error	182217.50	3	60739.17		
Total	663602.83	5			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=890.5131**

Error: 60739.1667 gl: 3

FERT	Medias	n	E.E.
0.00	3892.50	2	174.27 A
100.00	4099.50	2	174.27 A
300.00	4569.50	2	174.27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



CH	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	NG/m <sup>2</sup>	6	0.03	0.00	8.45

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12700.33	2	6350.17	0.05	0.9549
FERT	12700.33	2	6350.17	0.05	0.9549
Error	406467.00	3	135489.00		
Total	419167.33	5			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1330.0192**

Error: 135489.0000 gl: 3

FERT	Medias	n	E.E.
0.00	4289.50	2	260.28 A
300.00	4382.00	2	260.28 A
100.00	4391.50	2	260.28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Análisis de la varianza (peso de 1000 granos)**

CH	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R	PG	6	0.44	0.07	4.25

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.23	2	2.11	1.20	0.4149
FERT	4.23	2	2.11	1.20	0.4149
Error	5.30	3	1.77		
Total	9.52	5			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=4.8014**

Error: 1.7657 gl: 3

FERT	Medias	n	E.E.
100.00	30.28	2	0.94 A
300.00	31.17	2	0.94 A
0.00	32.33	2	0.94 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

CH	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	PG	6	0.42	0.03	4.63

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.83	2	1.91	1.09	0.4408
FERT	3.83	2	1.91	1.09	0.4408
Error	5.27	3	1.76		
Total	9.09	5			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=4.7869**

Error: 1.7551 gl: 3

FERT	Medias	n	E.E.

300.00	27.63	2	0.94	A
100.00	28.73	2	0.94	A
0.00	29.58	2	0.94	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Análisis de la varianza (rendimiento para densidad = 7 pl m<sup>-2</sup>)**

CH	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R	RTO	6	0.95	0.92	3.51

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11079081.00	2	5539540.50	30.24	0.0103
FERT	11079081.00	2	5539540.50	30.24	0.0103
Error	549523.00	3	183174.33		
Total	11628604.00	5			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1546.4583**

Error: 183174.3333 gl: 3

FERT	Medias	n	E.E.
0.00	10529.50	2	302.63 A
100.00	12182.50	2	302.63 B
300.00	13858.00	2	302.63 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

CH	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	RTO	6	0.27	0.00	5.47

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	445932.00	2	222966.00	0.55	0.6281
FERT	445932.00	2	222966.00	0.55	0.6281
Error	1226965.50	3	408988.50		
Total	1672897.50	5			

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=2310.7952**

Error: 408988.5000 gl: 3

FERT	Medias	n	E.E.
0.00	11389.50	2	452.21 A
300.00	11614.50	2	452.21 A
100.00	12046.50	2	452.21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )