



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.

ÁREA DE CONSOLIDACIÓN

SISTEMAS AGRÍCOLAS DE PRODUCCIÓN EXTENSIVOS.

Evaluación del impacto de prácticas de manejo sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Integrantes:

Cacciavillani, Marcelo.

Capaldi, Gastón.

Salvadori, Adelquis.

Valfre, Gonzalo.

Tutor:

Dra. (MSc.) Ing. Agr. Hang Susana.

Año 2017

Índice

Resumen.....	2
Introducción	3
Hipótesis.....	5
Objetivos del trabajo.....	5
Materiales y métodos	6
Resultados y Discusión	12
Conclusiones	19
Bibliografía	20
Anexo	22

Resumen

Se evaluó el comportamiento agronómico del híbrido de maíz Flint NT 426 en siembras tempranas, trabajándose con dos densidades de siembra 6 (D1) y 8 (D2) plantas m^{-2} y tres dosis de nitrógeno, 0 kg (d0), 46 kg (d1) y 92 kg (d2). El suelo fue caracterizado por pH, CE, materia orgánica, Nt, $N-NO_3^-$, P, Ca, Mg, Na, K. El contenido hídrico hasta los 2 m fue de 220 mm equivalente a 72% del agua útil. De las tasas de mineralización de N (t_{min}) estimadas la que mejor ajustó al rendimiento obtenido fue 3%. Los resultados mostraron que para número de granos m^{-2} y rendimiento $D1d2 \approx D2d1 \approx D2d2$. El peso de 1000 granos fue favorecido en los tratamientos en que se sembró con menor densidad. Los resultados muestran que hay un nuevo escenario para la región semiárida de Córdoba referido a ajustar prácticas de manejo para potenciar los rendimientos de los maíces Flint que en conjunto con el precio diferencial promueven el crecimiento de esta especialidad.

Palabras clave: *Maíz Flint – densidad de siembra – fertilización nitrogenada – tasa de mineralización de N –*

Nota: El supra índice hace referencia a los indicadores de ética profesional que son descriptos en el anexo adjunto.

Introducción

El cultivo de maíz requiere del uso de tecnología intensiva por lo que su costo de implantación resulta elevado. Para expresar el alto potencial de rendimiento que posee el maíz, sin incrementar excesivamente los costos y riesgos asociados a un cultivo de secano, es necesario adecuar prácticas de manejo que mejoren la disponibilidad de recursos para el crecimiento.

El maíz Flint presenta en los granos un endosperma vítreo dominante (textura dura o cornea) gran proporción y calidad proteínas y alto contenido de carotenos. Generalmente el color de grano es colorado o anaranjado, la parte superior (opuesta al germen) o corona, no presenta hendidura y los híbridos comerciales no están modificados genéticamente (no OMG).

El maíz Flint es una especialidad con un precio diferenciado² sujeto a demanda específicas³ (Pepa, H.G., 2014). Esta especialidad tiene interesantes usos, tales como: harina, sémola o polenta, trozos o “Grits” (copos de cereal), insumos en la industria cervecera, en la industria avícola (aumenta el color de huevo), entre otros³¹. Los Flint Se hallan en el mercado como alternativa de producción que permite reducir los costos de implantación. Estos gozan de un menor costo por bolsa de semilla y una bonificación sobre el valor de pizarra del grano dentado debido a que su rendimiento es menor en comparación que un híbrido dentado.

Desde el punto de vista agronómico el manejo de los maíces Flint es idéntico al de los híbridos amarillos convencionales, excepción hecha, lote que se destine a la siembra de maíces Flint su cultivo antecesor no debe ser maíz, deben mantener un aislamiento de 300 metros respecto de otros lotes de maíz, o diferir la fecha de siembra. También exige un control exhaustivo, por parte del productor, de la sembradora, cosechadora y camiones, dado que el maíz colorado no puede mezclarse con otros maíces²⁷.

En la región central de Córdoba las condiciones ambientales para el cultivo de maíz presentan notables variaciones dadas por un ambiente lumínico cambiante o por marcadas deficiencias hídricas durante toda la estación de crecimiento (Rubiolo, 2005). La heterogeneidad de ambientes que presenta la región central de Córdoba obliga a adecuar la tecnología de insumos y procesos para optimizar el manejo del cultivo de maíz³⁸.

Con respecto a la densidad de siembra de un maíz Flint, la información con la que se cuenta no es tan profunda como la de un dentado; sin embargo, la aproximación ecofisiológica no se aleja de la que recibe un híbrido dentado de maíz. El maíz tiene menor capacidad de ajuste ante variaciones en la densidad de siembra. Por lo tanto, el número de plantas por unidad de superficie debe garantizar que a la floración el cultivo intercepte casi el 100% de la radiación incidente (Cirilo, A., 2004). El ajuste de la densidad de plantas a la disponibilidad de recursos (luz, agua y nutrientes) permitiría reducir el estrés durante el período más sensible del cultivo, periodo crítico, permitiendo optimizar el rendimiento en grano¹¹. La densidad ideal es la que permita obtener el máximo número de granos por metro cuadrado con la menor cantidad de individuos posibles (Rubiolo, 2005). En producciones extensivas en secano con ambientes de mediana a baja productividad conviene ser mensurado en la densidad de siembra, pues las pérdidas de rendimiento por exceso en años secos son generalmente mayor que el potencial de rendimiento no explotado por quedar en densidades subóptimas en aquellos años de inesperada buena disponibilidad hídrica (Luque, 2004). Por lo tanto en secano la densidad de

siembra recomendada estará en función de la magnitud de la deficiencia hídrica durante el ciclo del cultivo, para la región en estudio dicha densidad se aproxima a las 7,5 a 8 plantas m⁻².

La respuesta del rendimiento en granos por unidad de área, al incremento en la densidad de plantas es de tipo óptimo. Mientras que el rendimiento por planta y peso individual del grano disminuye con el incremento en densidad, el rendimiento del cultivo se incrementa hasta un máximo a partir del cual los aumentos posteriores en el número de individuos lo reducen marcadamente (Andrade et al., 1996).

Otro de los pilares fundamentales para alcanzar elevados rendimientos es el manejo eficiente de la nutrición del cultivo de maíz. En la región central de Córdoba la principal limitante es el nitrógeno (N) y luego el fósforo (P) (Caviglia y Melchiori, 2011; Maddonni, 2011). El azufre (S) se menciona, en los últimos años, como elemento limitante (Rubiolo, 2005). Una de las metodologías de diagnóstico y recomendación de fertilización nitrogenada más difundidas en la región para el cultivo de maíz se basa en un balance entre los requerimientos de N por parte del cultivo y las ofertas de N para cubrir esos requerimientos. Los requerimientos de N resultan de multiplicar el rendimiento objetivo por una cantidad fija de N, esta última es de alrededor 20-25 kg/ha de N por cada tonelada de grano producida (Rubiolo, 2005). Por otro lado, las ofertas de N para cubrir esos requerimientos provienen de varias fuentes: N-NO₃⁻ disponible a la siembra (N-NO₃⁻), N mineralizado de la materia orgánica del suelo (N_{min}) y el N aportado a través de la fertilización (N_{fert}). La cantidad de N mineralizado durante el ciclo del cultivo varía según la temperatura, humedad y cantidad y calidad de la materia orgánica, si bien frecuentemente se toman valores alrededor del 3 % del Nt (nitrógeno total del suelo) determinado en el estrato 0-20 cm (Keeney, 1982, Curtin & Wen, 1999).

La práctica agronómica reconoce que innumerables factores condicionan el rendimiento y la respuesta a los fertilizantes, además de la oferta de nutrientes en el suelo. Determinaciones llevadas a cabo por la FAO (1987) para diferentes ambientes del país, indican que el maíz responde positivamente en rendimiento en grano a dosis crecientes de N aplicado como fertilizante hasta los 140-160 kg ha⁻¹ luego del cual variaciones en la dosis de N no expresan incrementos el rendimiento del cultivo.

Una fertilización nitrogenada adecuada y balanceada, permite obtener un elevado retorno económico de la inversión a través de la calidad del grano y de la producción óptima del cultivo. Sin embargo, una mala gestión del N, como son aplicación de dosis excesivas, incorrecta forma de aplicación, fuente de N a utilizar, puede ocasionar múltiples problemas medioambientales⁴⁵ (lixiviación de nitrógeno residual del suelo hacia aguas subterráneas, pérdidas por desnitrificación, volatilización, y eutrofización) junto a descensos de la rentabilidad de la explotación por un uso innecesario de insumos y unas pérdidas de rendimiento (Arrechea, 2010). Por tanto, la agricultura se sitúa hoy en la necesidad de ajustar las dosis y forma de aplicación de fertilizantes nitrogenados. De esta manera serán aprovechados de manera óptima y generarán la menor cantidad de efectos indeseables¹⁹.

Hipótesis

El aumento de la densidad produce incrementos en el rendimiento.

Un aumento en la disponibilidad nitrógeno se expresa positivamente sobre el rendimiento del cultivo.

Objetivos del trabajo

Evaluar el rendimiento del maíz Flint en función de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada.

Analizar el suelo del ambiente en el que se implantó el cultivo.

Evaluar un método de estimación del nitrógeno mineralizable durante el ciclo del cultivo.

Público de interés

Desde el punto de vista ético y de responsabilidad social este trabajo:

- Brinda información agrícola actualizada al productor y técnicos del ámbito agropecuario, demostrando un compromiso con la sociedad.
- Beneficia a los proveedores de insumos.
- Adecuado balance nutricional del cultivo disminuyendo así el impacto ambiental en beneficio de las generaciones futuras.
- Menor inversión económica de los productores con el uso de maíces Flint.
- Estos maíces son muy valorados por la industria de molienda seca y por la industria avícola. Por lo tanto, posibilita a los productores desarrollar en sus campos un producto de mayor valor por tonelada, que demanda un mayor cuidado y, en consecuencia, más empleados y mejor capacitados que los requeridos por otros cultivos convencionales.
- El sobreprecio recibido por el productor por un lado premia la preservación de identidad y por el otro compensa el diferencial negativo de rendimiento a campo. Es por esto que, una reducción en la imposición a la exportación de este tipo de granos será beneficiosa para el desarrollo de zonas marginales y la preservación de sus suelos.

Como desventaja:

- El maíz Flint rinde menos que un híbrido dentado por lo cual se ven perjudicados contratistas de cosecha y transportistas⁴⁶.
- Los maíces Flint no poseen eventos tecnológicos de protección contra plagas, por lo tanto son altamente dependientes del uso de agroquímicos, este aumento del número de aplicaciones genera un impacto negativo en el medio ambiente perjudicando a la sociedad en su conjunto.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El trabajo fue llevado a cabo en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (Fig. 1). Ubicado en el departamento Santa María aproximadamente a 27 km al sud-este de la ciudad de Córdoba y a 20 km al norte de Toledo, entre los 31° 60' de latitud sur y los 35° 55' de longitud oeste. El acceso desde la ciudad de Córdoba es a través de la ruta nacional N° 9 o actualmente por la autopista Córdoba-Villa María desviando por el camino a Capilla de los Remedios.



Figura 1: Ubicación geográfica del Campo Escuela F.C.A-U.N.C.

Referencia:  Ingreso al campo escuela

Características edáficas y climáticas del sitio de estudio.

En términos generales el clima del área de estudio es templado, de inviernos no muy fríos y pocos lluviosos. Los veranos son húmedos, con días calurosos y noches frescas. Esta elevada amplitud térmica durante la estación de crecimiento le permite al cultivo de maíz expresar su alto potencial de rendimiento. Es una región que soporta heladas agrometeorológicas (3°C) en forma periódica durante los meses de mayo a septiembre dejando un período libre de heladas de 260 días aproximadamente. La pluviometría media es de aproximadamente 760 mm con una distribución estacional de tipo monzónico, concentrándose las precipitaciones entre los meses de octubre a marzo (520 mm), el cual representa el 78% de las precipitaciones anuales (INTA Manfredi, 1987). Las características climática promedio se detallan en la Tabla 1.

El suelo está clasificado como Haplustol Éntico según el Soil Taxonomy. Desarrollado sobre sedimentos eólicos, de textura franco limosa, cuya secuencia de horizontes es A1, AC, C_k. La profundidad del CaCO₃ oscila entre los 40 y 120 cm, según la posición en el relieve. Es un suelo

profundo, bien drenado, está en condiciones naturales moderadamente estructurado y posee muy buena capacidad de almacenaje de agua. El agua total capaz de almacenar es de 570 mm hasta los 200cm de profundidad, mientras que el agua útil o disponible para los cultivos es de 305mm (Serie Carta de Suelo de la República Argentina Hoja 3163-23 Villa del Rosario).

Tabla 1. Caracterización climática del área de estudio.

Estación Meteorológica de Córdoba.													
Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temperatura diaria máxima (°C)	31.1	30.1	27.6	24.9	22.0	18.5	18.6	21.0	23.3	26.1	28.4	30.3	25.2
Temperatura diaria mínima (°C)	18.1	17.4	15.6	12.3	9.3	5.7	5.5	6.7	9.1	12.6	15.2	17.3	12.1
Precipitaciones totales (mm)	118	101	99	59	23	10	12	11	35	77	102	119	766

Ensayo demostrativo a campo:

Ubicación.

El trabajo fue llevado a cabo durante la campaña 2016/2017, empleándose como área de estudio el lote N°6 (Fig. 2) cuya superficie es de 32.9 ha. La rotación de las últimas campañas fue soja-maíz en siembra directa¹⁻³⁷, realizándose barbechos químicos para mantener el lote libre de malezas y así conservar la humedad del suelo con el objetivo de maximizar la producción mediante el uso sustentable del recurso³⁹.

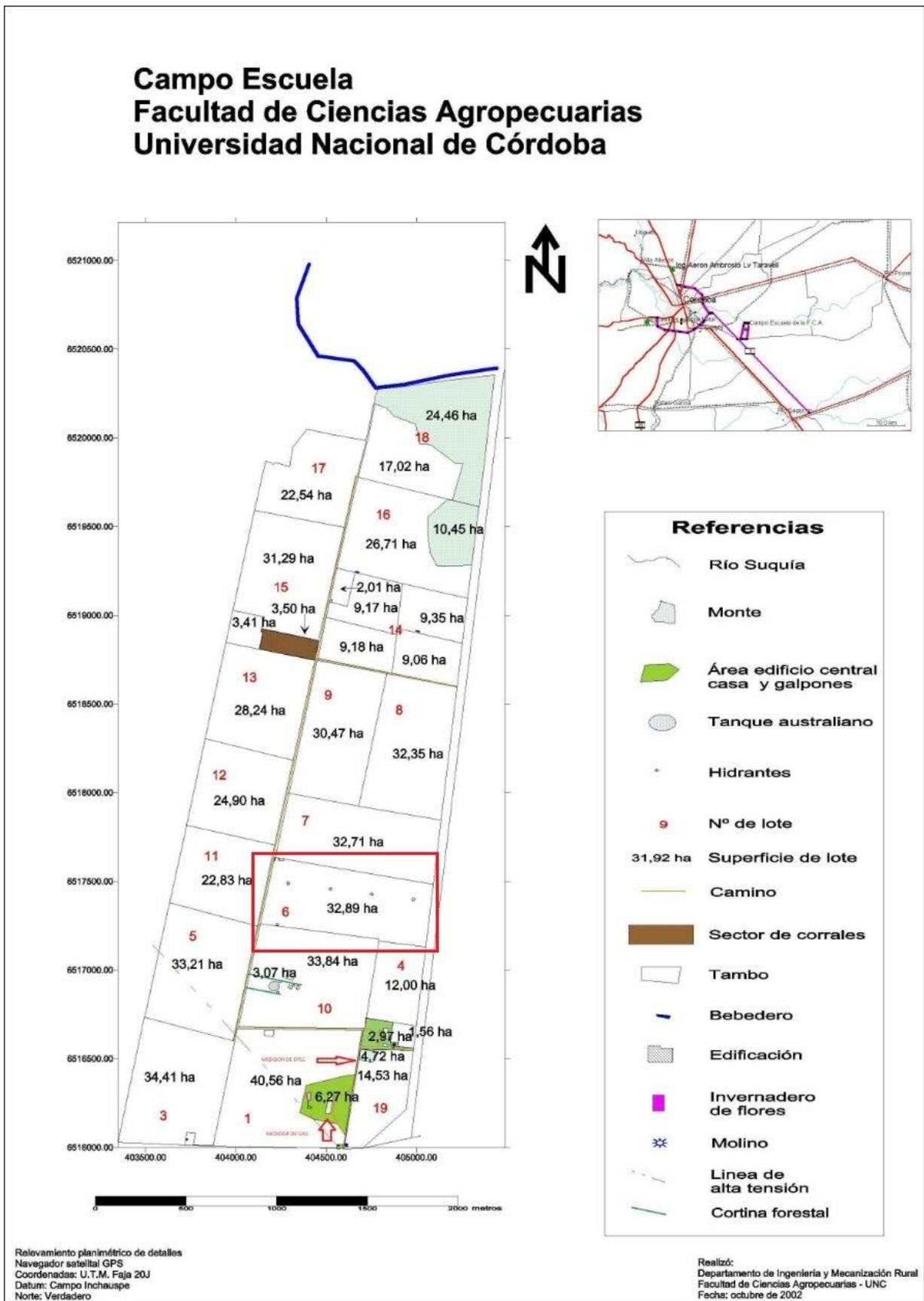


Figura 2: Posicionamiento del trabajo de investigación en el establecimiento.

La siembra aconteció el 7 de octubre del 2016 evaluándose dos densidades de siembra 6 plantas m^{-2} (D1) y 8 plantas m^{-2} (D2) y tres dosis de nitrógeno, 0 kg (d_0), 46 kg (d_1) y 92 kg (d_2) de nitrógeno (N). La fertilización se realizó a la siembra utilizándose urea (46% N) depositada fuera de la línea de semilla. De esta forma, el trabajo experimental quedó constituido por seis tratamientos:

- 1) Densidad 6 Pl m^{-2} y 0 kg ha^{-1} de N. (D1: d_0)
- 2) Densidad 6 Pl. m^{-2} y 46 kg ha^{-1} de N. (D1: d_1)
- 3) Densidad 6 Pl. m^{-2} y 92 kg ha^{-1} de N. (D1: d_2)
- 4) Densidad 8 Pl. m^{-2} y 0 kg ha^{-1} de N. (D2: d_0)
- 5) Densidad 8 Pl. m^{-2} y 46 kg ha^{-1} de N. (D2: d_1)
- 6) Densidad 8 Pl. m^{-2} y 92 kg ha^{-1} de N. (D2: d_2)

El diseño experimental fue llevado a cabo en macro parcelas, cuya superficie fue de 4 ha aproximadamente, a excepción de los tratamientos D1 d_0 y D2 d_0 que contaban con una superficie de 2 ha. De esta forma el lote quedó subdividido en 6 subparcelas rectangulares de modo de absorber la variabilidad en altitud asignándole a cada una un tratamiento D1 d_0 , D1 d_1 , D1 d_2 , D2 d_0 , D2 d_1 , y D2 d_2 (Fig.3)



Densidad 1 (D1): 6pl/ m^2 ; Densidad 2 (D2): 8pl/ m^2 ; dosis 0 (d_0): 0 kg N ha^{-1} dosis 1 (d_1): 46 kg N ha^{-1} ; dosis 2 (d_2): 92 kg N ha^{-1} .

Figura 3: Distribución de los tratamientos y sectorización de las macro parcelas en el área experimental.

Respecto a la fertilización nitrogenada el criterio de selección de los tres niveles fue el siguiente: un primer nivel donde de 0 kg ha^{-1} teniendo en cuenta solo el N disponible en el suelo. Un segundo nivel N, el que se fertilizó con 46 kg N ha^{-1} , situación que se considera promedio para la zona (suelo + fertilizante). Y finalmente, un tercer nivel de N, el que se fertilizó con 92 kg N ha^{-1} (suelo + fertilizante).

En todos los casos el híbrido utilizado NT426 Flint, no OMG. La sembradora empleada fue, Agrometal TxMega 9*52, la misma, cuenta con una monotolva para simple y doble fertilización, con dosificador tipo chevron, y monotolva para semilla con dosificador a placa horizontal. La placa empleada contaba con las siguientes características: número de alveolos 60, hileras 2, espesor de la placa 4,5mm, alveolos de 10mm.

Control fitosanitario

Se realizó una aplicación en preemergencia con: 2 kg/ha Glifosato (72%), 35 gr/ha Heat (Saflufenacil 70%), 35 gr/ha Challenger (Nicosulfuron 75%).

Durante el ciclo del cultivo se aplicó 35 gr/ha de Challenger (Nicosulfuron 75%) para el control de Sorgo de Alepo, en mezcla con Coragen 100 cm³/ha (clorantraniliprole 20%) para el control de cogollero en el estadio de V4-V6.

Estos productos fitosanitarios se encuentran dentro de la categoría IV: productos que normalmente no ofrecen peligro, banda verde³⁹⁻⁴⁵(Clasificación establecida por SENASA). Las tareas de aplicación fueron llevadas a cabo por un contratista²⁴ respetando los procedimientos indicados en marbete¹⁴⁻²⁹.

Caracterización del suelo

Previo a la implantación del cultivo, se tomaron muestras de suelo, con la finalidad de determinar el agua útil, analizar la composición química y la variabilidad espacial de los distintos nutrientes. Hubo dos modalidades de muestreo, al azar, para las determinaciones de perfil (agua útil y nitratos) y dirigida para las determinaciones de superficie (pH, Ce, MOS, P, Nt, Ca, Mg, Na y K).

Para la modalidad de muestreo dirigido se estableció un esquema de cuadrícula de 80*80 m que definió 48 puntos en toda el área de estudio. Cada sitio fue geo-referenciado utilizando un GPS-Garmin-, se tomo una muestra de 0 a 20 cm de profundidad compuesta por 20 sub muestra en un radio de 10 m alrededor del punto geo-referenciado.

Determinaciones de superficie:

- a) pH. Método:Potenciométrico en relación suelo-agua 1:2.5 suelo: agua.
- b) CE (ds.m-1). Método: Digestión húmeda de Walkley y Black.
- c) MOS (%). Método: Digestión húmeda de Walkley y Black.
- d) P (mg kg⁻¹). Método extractable -Bray-Kurtz- modificado.
- e) Nt (%). Método: kjeldahl.
- f) Cationes intercambiables (Ca, Mg, Na, K) extraídos con acetato de amonio 1N y cuantificados por quelatometria (Ca y Mg) y fotometría (Na y K)

2) Determinaciones del perfil:

- a) Lamina de agua acumulada.
- b) N-NO₃. Método: Extracción K₂SO₄ (0.1 N) y cuantificación por espectrometría después de desarrollo de color con ácido fenoldisulfónico.

Determinación del contenido de agua a la siembra

La determinación de lámina de agua acumulada en el perfil de suelo se llevo a cabo en 2 puntos específicos del lote se evaluó hasta los 200 cm en rangos de 20 cm de espesor. Para la toma de muestra se empleo un barreno que contaba con la dimensión de 2mts. Se determinó el punto central del lote y desde dicha posición se contabilizó 100 m en dirección este y oeste, puntos en los cuales se procedió a la toma de las muestras. Estas fueron llevadas a laboratorio donde, en primer lugar se determino su peso húmedo (PSH), empleando una balanza de precisión. Determinado el peso húmedo, cada muestra se la colocó en estufa a una temperatura de 60°C durante un lapso de tiempo de 48hs. Luego se procedió a tomar el peso seco (PSS).

Determinación de contenido de nitrógeno soluble (N-NO₃-)

En cuanto a las determinaciones de N-NO₃ se tomaron 6 muestras compuestas de 3 sub-muestras a tres profundidades: 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm. Estas se tomaron, la primera en el extremo este, la segunda en la porción central y la tercera en el extremo oeste de cada sub-parcela de estudio.

En paralelo se estimó la cantidad de nitrógeno mineral disponible considerando la concentración de nitratos a la siembra y la mineralización potencial de nitrógeno (N_{min}) considerando tres posibles tasas de mineralización: 1%, 3% y 5%. En base a esto se estimó el aporte de nitrógeno mineral por parte del suelo como:

$$N_{\text{aportado por el suelo}} = N\text{-NO}_3^- + N_{\text{min}}$$

Determinación de los componentes del rendimiento:

Las variables evaluadas fueron plantas por metro cuadrado, numero de granos por espiga, granos por metro cuadrado, peso de mil granos y rendimiento por hectárea.

En el momento de la cosecha, la que se realizo el 23 de mayo del 2017, se determinó el rendimiento y sus componentes (número de granos y peso de 1.000 granos). Para ello, se cosecharon manualmente 10 m² en cada parcela. Para determinar peso de 1.000 granos, se pesaron 5 sub-muestras de 100 granos. Este procedimiento se repitió 5 veces en cada tratamiento obteniéndose un valor medio de cada componente. Las mediciones se distribuyeron al azar.

El rendimiento de grano por hectárea se calculó con base en el rendimiento por parcela, al multiplicar el peso de grano de las mazorcas cosechadas en la parcela útil por su respectivo factor de superficie.

Determinado el rendimiento y el peso de 1.000 granos se estimó el número de granos m^{-2} y el número de grano por espigas.

Los resultados de rendimiento obtenido fueron expresados con contenidos de 14 % de humedad de los granos.

Resultados y Discusión

1. Caracterización del suelo

Las características generales del suelo del Lote 6 se presentan en la Tabla 2. Se encontró que el área de estudio presentó valores de pH ligeramente ácido a neutro, siendo el valor medio 6,3 y el rango de variación de 6,2 y 6,6. La CE si bien presentó alta variabilidad (CV=23.8%) todos los valores obtenidos permitieron clasificarlo dentro de suelos libres de sales sin restricción para los cultivos (Castellanos, 2000). El contenido de materia orgánica presentó un 10.4 % de variabilidad, que no se replicó en el contenido de Nt. El P mostró hasta 15 ppm de diferencia con un valor promedio de 44.2 $mg\ kg^{-1}$. Los iones que predominantemente se encuentran en la interfaz suelo-solución son metales alcalinos-térreos: calcio y magnesio, metales alcalinos: potasio y sodio. En regiones semiáridas y de pH próximos a la neutralidad los cationes predominantes son Ca, Mg, Na y K. En la Tabla 2 puede observarse que el área de estudio presentó altos niveles Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} y muy bajos niveles de Na^{+} según la clasificación propuesta por Rioja Molina (2002).

Tabla 2. Valores medios, extremos y coeficiente de variación de las propiedades de suelo analizadas.

		Mínimo	Máximo	Media	C.V (%)
CE	$dS\ m^{-1}$	0,18	0,32	0,21	23,8
pH		6,2	6,6	6,3	2,4
MOS	%	2,3	2,7	2,4	10,4
Nt			0,18	0,18	5,6
P	$mg\ kg^{-1}$	34,9	49,9	44,2	33,7
Ca		15,2	17,8	16,2	4,6
Mg		3,7	4,8	4,1	18,3
Na	$C_{mol}\ kg^{-1}$	0,1	0,16	0,13	15,4
K		3,1	4,1	3,5	13,4

En cuanto a las determinaciones de superficie de suelo analizadas por tratamiento no se encontró interacción entre las variables, excepto para el caso del pH y CE ($ds.m^{-1}$) donde el mayor aumento en la saturación de bases: Ca, Mg, K y Na expresa valores máximo de Ce.

Es preciso resaltar que el Nt, variable que podría haber afectado el ensayo, se registraron valores iguales en los distintos puntos muestreados, aunque si hubo diferencias en la materia orgánica del suelo.

2. Agua útil

Al momento de la siembra el almacenaje de agua en el suelo era el apropiado para el cultivo de maíz, contando con una lámina útil promedio de 220mm, equivalente 72% del agua útil, lo que permitió lograr un buen establecimiento del cultivo.

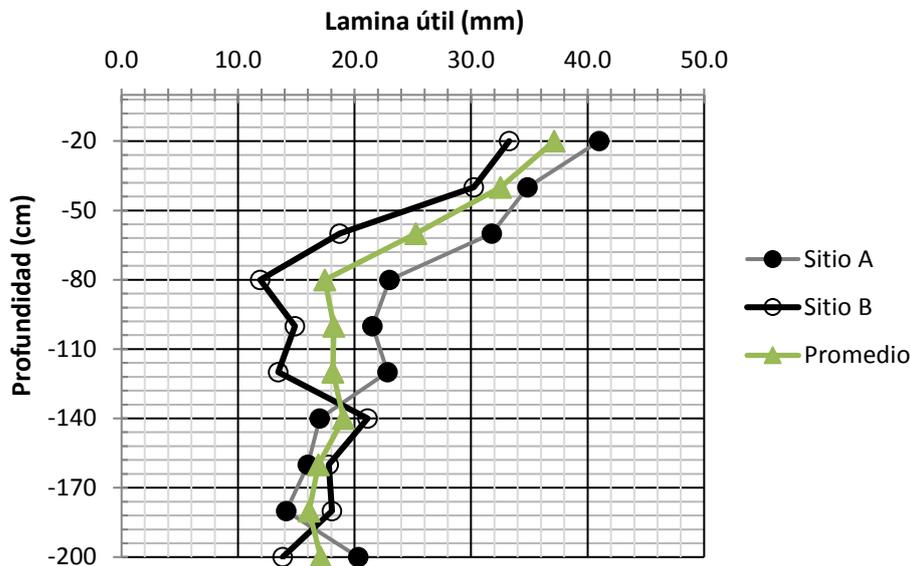


Figura 4. Lámina de agua útil (mm) almacenada a la siembra.

Dato: OPMP (mm): 25mm –Dato aportado por la cátedra de Cereales FCA-UNC-

Las precipitaciones acumuladas sobre el ciclo del cultivo fueron de 530 mm, con una distribución óptima sobre todo en el periodo crítico del cultivo.

Si bien el total de precipitaciones logradas durante el ciclo de cultivo fueron semejante al promedio histórico (520 mm), en la campaña 2016/2017 se puede observar una mayor concentración de las precipitaciones en el mes de diciembre, época de ocurrencia de la floración. Esta buena provisión de agua en conjunto con el balance entre temperatura y radiación favorable permitieron al cultivo expresar su potencial de rendimiento.

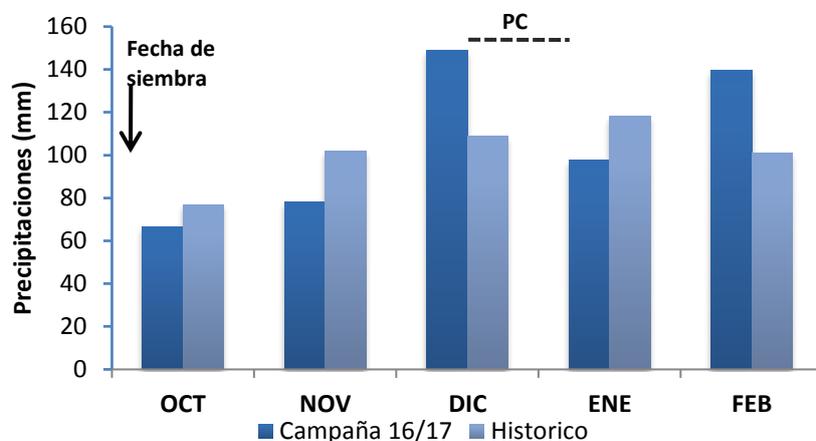


Figura 5. Precipitaciones ocurridas en el ciclo del cultivo desde el 7 de octubre del 2016 al 22 de febrero del 2017.

3. Nitrógeno disponible

a) N-NO₃⁻ disponible a la siembra.

En la Tabla 3 y la Figura 6 se muestran los valores medios, extremos y la variabilidad de los N-NO₃⁻ disponibles a la siembras determinado hasta la profundidad 60 cm. Se aprecia una tendencia a la baja a mayor profundidad con valores medios de 9,8 mg kg⁻¹ en el primer estrato de 0 a 20cm, hasta valores medios de 4,0 mg kg⁻¹ en el tercer estrato de 40 a 60 cm. Las concentraciones más altas de nitratos se encontraron en el estrato superior, debido a que en él se encuentra un mayor número de microorganismos, encontrándose las condiciones favorables de aireación, humedad y temperatura necesarias en su actividad enzimática para una alta mineralización Salazar et al. (2003).

Tabla 3. Valores medios extremos y variabilidad de los N-NO₃⁻ (mg kg⁻¹) en el perfil de suelo.

Profundidad (cm)	N-NO ₃ ⁻			
	Media ± D.E (mg kg ⁻¹)	C.V (%)	Máximo (mg kg ⁻¹)	Mínimo (mg kg ⁻¹)
0-20	9,8 ± 3.7	37,92	15,2	6,1
20-40	6,4 ± 3.1	49,21	9,6	3,3
40-60	4,0 ± 2.9	74,31	8,5	1,1

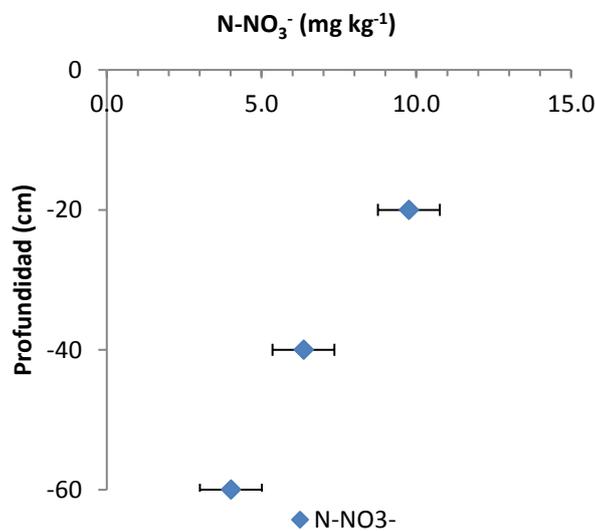


Figura 6. Distribución media y variabilidad de N-NO₃⁻ en el perfil de suelo.

b) N mineralizado y N del fertilizante.

En la tabla 4 cuatro se presentan los valores de N disponible (N-NO₃⁻ + N_{min}) estimado a para tres tasas de mineralización 1%, 3%, 5%.

Tabla 4. Estimación de N mineralizado y valores medios N-NO₃ a la siembra.

Tasas de mineralización (%)	N-NO ₃ A la siembra	N mineralizado	N disponible N-NO ₃ ⁻ + N _{min}
1		43,3	91,8
3	48,5 kg/ha*	129,6	178,1
5		216,3	264,8

*Valor medio de N-NO₃ obtenido en base a los análisis de suelo (tabla 3).

Como menciona Álvarez et al. (2000) el N mineralizado puede estimarse a partir de los rendimientos de los cultivos sin fertilizar. La Tabla 5 muestra los requerimientos de N para los tratamientos D1d0 y D2d0 de acuerdo a los rendimientos logrados, la disponibilidad total de N (N_{min}+ N-NO₃⁻) a las tres tasas de mineralización estimadas 1%, 3% y 5%.

Tabla 5. Requerimiento y Disponibilidad de N en los tratamientos sin 15fertilización evaluados.

Trat.	Rend. (Tn/ha)	Req.Kg N	Tasa de mineralización (%)					
			1	3	5	1	3	5
D1d0	8,2	179,3	91,7	-87,6	178,1	-1,2	264,8	85,5
D2d0	8,5	187,0	91,7	-95,3	178,1	-8,9	264,8	77,8

En las Tablas 6 y 7 se cuantifican los requerimientos de N (kg ha⁻¹) calculados en base a los rendimientos alcanzados y la disponibilidad de N (kg ha⁻¹) resultante de la suma de N-NO₃⁻ + N_{min} + N_{fert}, evaluando tres tasas de mineralización 1%, 3% y 5% y dos niveles de fertilización nitrogenada 46 y 92kg.

Tabla 6. Requerimiento y disponibilidad de N evaluados con fertilización de base 0 y 46kg N en dos densidades de siembra.

Tratamiento	Rendimiento (Tn/ha)	Requerimiento (kg ha ⁻¹)	Dosis 1 (46kg N)					
			Tasa min (1%)	Tasa min (3%)	Tasa min (5%)	Tasa min (1%)	Tasa min (3%)	Tasa min (5%)
D1d0	8,2	179,3	91,7	-87,6	178,1	-1,2	264,8	85,5
D1d1	8,4	184,3	119,3	-65,0	205,7	21,4	292,4	108,1
D2d1	10,0	219,4	119,3	-100,1	205,7	-13,7	292,4	73,0

D1: densidad 6pl/m2, D2: densidad 8pl/m2; d0: sin fertilización, d1: 46 kgha⁻¹.

Tabla 7. Requerimiento y disponibilidad de N evaluados con fertilización de base 0 y 92 kg N en dos densidades de siembra.

Tratamiento	Rendimiento (Tn/ha)	Requerimiento (kg ha ⁻¹)	Dosis 2 (92 kg N)					
			Tasa min (1%)	Tasa min (3%)	Tasa min (5%)	Tasa min (1%)	Tasa min (3%)	Tasa min (5%)
D2d0	8,5	187,0	91,7	-95,3	178,1	-8,9	264,8	77,8
D1d2	9,9	217,3	146,9	-70,4	233,3	16,0	320,0	102,7
D2d2	10,5	230,2	146,9	-83,2	233,3	3,1	320,0	89,8

D1: densidad 6pl/m2, D2: densidad 8pl/m2; d0: sin fertilización, d1: 46 kgha⁻¹.

En ambos casos los valores resultantes permiten definir que la tasa de mineralización más representativa del área de estudio se ubicó en el 3% en concordancia a lo hallado por Keeney (1982) siendo esta la que cubrió los requerimientos del cultivo. Los valores de tasa extremos 1% y 5% subestimaron o sobreestimaron la disponibilidad de N mineralizado.

La Figura 7 se observa que el balance de N tiende a cero para la tasa del 3% sugiriendo que fue la que mejor describió el aporte de N que realizó el suelo durante el ciclo del cultivo.

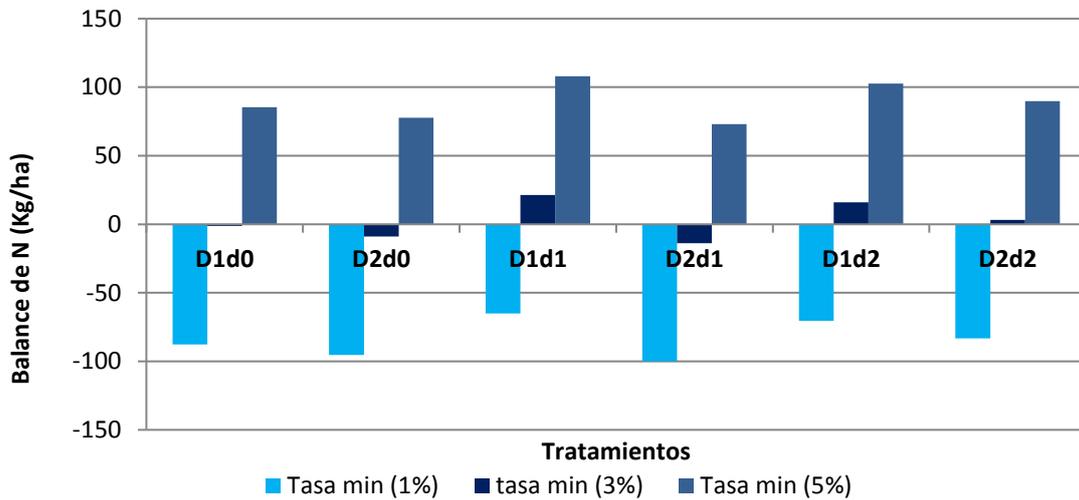


Figura 7. Balance de N (kg ha^{-1}) en función de las tres tasas de mineralización estimadas para cada tratamiento.

4. Componentes del rendimiento

En la Tabla 8 se presentan los valores porcentuales del número de plantas en donde se determinó un coeficiente de logro promedio para el ensayo del 90%, con valores extremos del 88% en tratamiento D2d1 y 92% en tratamiento D1d1 y D1d2.

Tabla8: Porcentaje de plantas logradas por tratamiento.

Tratamiento	Nº de plantas (%)
D1d1	92
D1d2	92
D1d0	89
D2d0	90
D2d1	88
D2d2	89
Promedio	90

Rendimiento

Una forma de expresar el rendimiento del maíz consiste en multiplicar el número de granos producidos por su peso medio. Tanto el número de granos como el peso medio de los mismos son variables que responden a los cambios que experimentan las condiciones ambientales y fisiológicas del maíz (Andrade y Cirilo, 1995).

En la Tabla 9 se expresan los valores medios y el análisis estadístico de los componentes numéricos del rendimiento, rendimiento y margen bruto para cada tratamiento.

Tabla 9. Componentes numéricos del rendimiento y margen bruto de cada tratamiento.

Tratamientos	Número granos m ⁻²	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento (kg/ha)	MB/ha (\$/ha)
D1d0	2916 a	280 c	8150 a	7401 a
D1d1	2972 a	282 c	8378 a	7148 a
D1d2	3374 b	292 c	9877 b	9531 b
D2d0	3603 b	236 a	8501 a	7498 a
D2d1	3743 b	267 b	9973 b	10109 b
D2d2	4027 b	260 b	10462 b	9828 b

Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0.05$

En cuanto al número de grano esta variable se ve favorecida al aumento de densidad, siendo la densidad de 8 pl m⁻² la que midió el mayor valor, a pesar de ello, esta densidad no mostró diferencia significativa con respecto al tratamiento de 6 pl m⁻² con 92 kg N ha⁻¹ respondiendo esté a la fertilización N. La reducción en la densidad de siembra incremento el número de granos por plantas encontrándose respuesta significativa para el tiramiento D1d1. Debido a la escasa plasticidad del cultivo para compensar el rendimiento en grano ante disminuciones en la densidad de siembra este respondió con menor número de grano por unidad de área (Fig. 8).

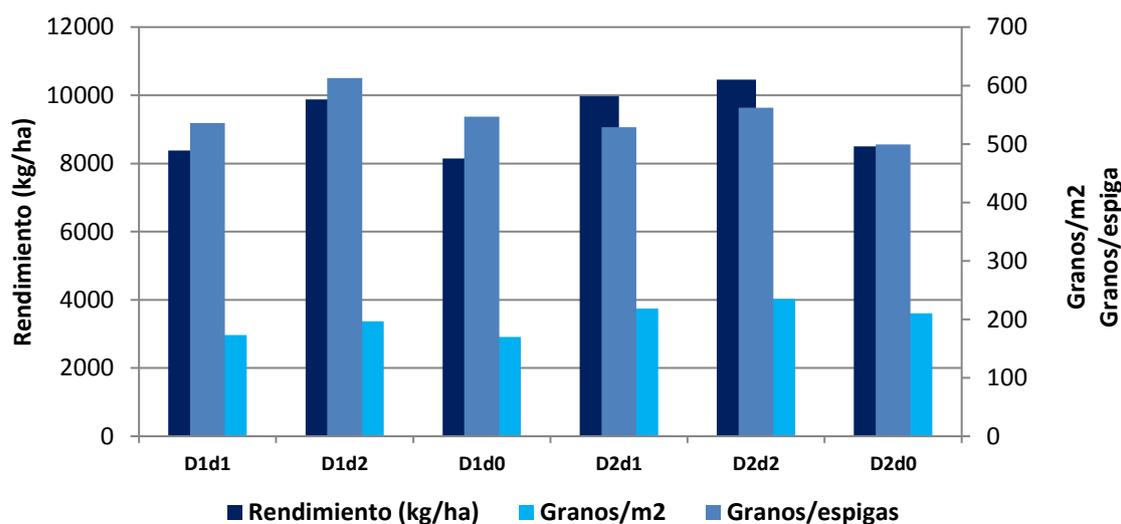


Figura 8. Variación del rendimiento, granos por m⁻² y granos por espiga entre tratamientos.

El peso medio de los granos resulta del efecto combinado que ejercen dos factores concurrentes: la densidad de siembra y el nivel de fertilización. De acuerdo a los valores obtenido en la Tabla 9 se observan diferencias significativas dadas por la densidad de siembra y dosis de fertilizante aplicada, coincidiendo con Andrade et al. (1996) el aumento en el peso de grano ante disminuciones en su número se explica por la alta relación fuente/destino lograda, es decir por una mayor disponibilidad de asimilados por grano durante el periodo de llenado (Fig. 10). El nitrógeno influye en el peso de los granos porque afecta la determinación del número de células espermáticas y gránulos de almidón en pos floración temprana, y/o porque disminuye la fuente de asimilados (menor tasa fotosintética y área foliar) durante el periodo de llenado (Andrade et al., 1996).

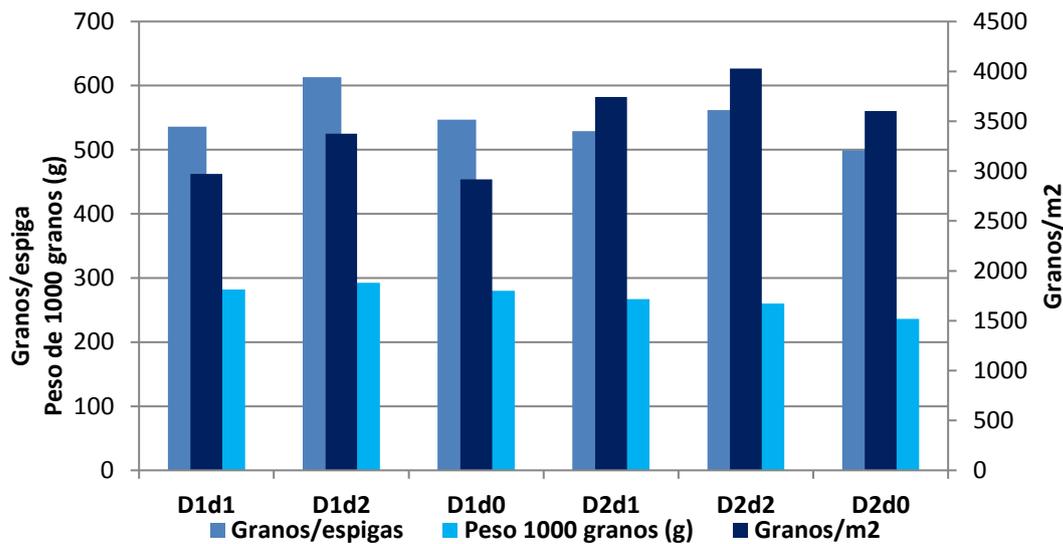


Figura 9. Variación del número de granos/espiga, peso de mil granos y granos/m2 entre tratamientos.

Como menciona Andrade et al., (1996) el número de grano por unidad de superficie es principal determinante del rendimiento, los tratamiento D1d2, D2d1, D2d2 no mostrando diferencia estadística significativa en cuanto al rendimientos (Fig. 10), siendo estos los que mayor número de grano por unidad de superficie midieron.

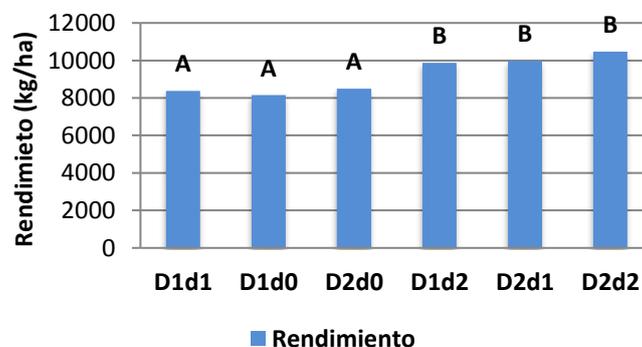


Figura 10. Rendimiento por tratamiento.

El margen bruto (MB) es la diferencia que existe entre los ingresos generados por una actividad (ingreso bruto) y los gastos en que se incurren para producir dicho ingreso (gastos directos) representado en la Figura 11. Para su determinación se tuvo en cuenta como costo variable el precio de las semillas y el del fertilizante. El tratamiento D2d1 logro el mayor MB si bien no fue el que mayor rendimiento midió (D2d2), este está muy próximo lo que incurrir menor costo en fertilizante.

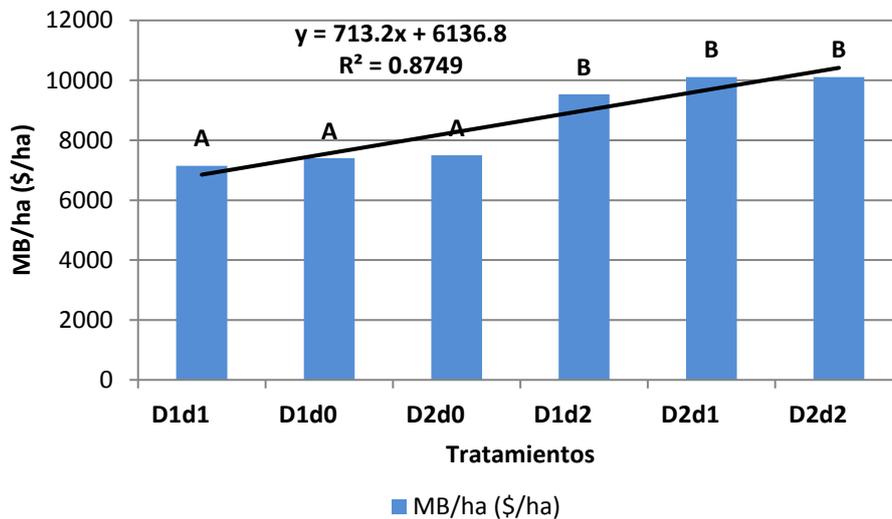


Figura 11. Margen bruto por hectárea logrado para cada tratamiento.

Conclusiones

El estudio realizado mostró que hubo una compensación en el rendimiento por hectárea del maíz Flint aproximándose los rindes entre las dos densidades analizadas cuando a la densidad de 6 pl m⁻² se le aportó 92kg N ha⁻¹. Por otra parte, dicha densidad mostró mayor peso de mil granos lo que deja el interrogante si en el tratamiento D1d2 fue favorecido algún atributo de calidad del grano.

Los maíces Flint se pueden utilizar como una alternativa rentable y para diversificar la producción en establecimientos bien organizados que buscan reducir los riegos por variación de precios.

Bibliografía

- Álvarez, R., C.R Álvarez y H.S Steinbach. 2000. Fertilización de trigo y maíz. Ed. Hemisferio Sur Buenos Aires, 95 pag.
- Andrade, F; A Cirilo; S Uhart & ME Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. 1° Ed. Buenos Aires. Editorial La Barrosa, (Balcarce, Buenos Aires, Argentina.) 289 p.
- Borras, L. 2015. Aportes de la eco fisiología al manejo, nutrición y mejoramiento de cultivos. FCA-UNR. Publicado en internet. Disponible en: <http://www.fertilizar.org.ar/subida/evento/SimposioFertilidad2015/11%20-%20BORR%C3%81S%20-%20SF%202015.pdf>. Consultado: 12/06/2017.
- Castellanos, R. J. Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Ed. Intagri.Gto., México. 186 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>.
- Caviglia O.P. and R.J.M. Melchiori. 2011. Contribution of contrasting plant hierarchies to the response to N fertilizer in maize. *Field Crops Research* 122:131–139.
- Cirilo A. 2016. Maíz Flint: Nutrición nitrogenada y calidad del grano. Estación experimental Agropecuaria Pergamino. Buenos Aires. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_maiz_flint_nutricion_nitrogenada_y_calidad_del_grano.pdf. Consultado 22/08/2017.
- Cirilo A. G. 2004. Manejo de la Densidad y Distancia entre Surcos en Maíz. *IDIA XXI*. 6:128-133
- Cirilo A.G. y F.H. Andrade. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*. 36:325-331.
- Cordido, L. 2013. Efecto de densidad de siembra y ambiente, sobre el rendimiento de tres híbridos de maíz de siembra tardía en el oeste arenoso, Provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-densidad-siembra-ambiente-rendimiento.pdf>. Consultado: 28/06/2017.
- Di Rienzo J.A, Casanoves F., Balzarini M.G, Gonzalez M., Tablada L., Robledo C.W. 2016. Grupo InfoStat/Estudiantil. F.C.A U.N.C. Argentina. Versión 2016. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Duval M., Galantini, j., López, F. y Martínez J. 2014. Indices de mineralización del nitrógeno. Boletín electrónico CERZOS. Disponible en: <http://www.boletin.cerzos-conicet.gob.ar/index.php/articulos-25/indices-de-mineralizacion-de-nitrogeno>. Consultado: 12/06/2017.

- FAO, 1987. 25 years FAO fertilizer programme. FAO Roma. Itali
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1987. Córdoba. Carta de suelos de la República Argentina, Hoja 3163-26Villa del Rosario.
- Keeney, D.R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. In: F.J. Stevenson (ed.) Nitrogen in agricultural soils. Agron. Monogr. 22.. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. Pp 605–649.
- Luque S. (2014) 'Cultivo de Maíz' en Sistemas de Producción de Cultivos Extensivos. Material de Clase. Cátedra de Cereales y Oleaginosas. FCA-UNC.
- Meisinger, J.J. 1984. Evaluating plant-available nitrogen in soil crops system. In R. D. Hauck (ed) Nitrogen in Crop Production. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin USA.
- Oyarzun Arrechea, M. (2010). Respuesta productiva de un cultivo de maíz ("Zea mays" L. Var. Dracma) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efecto sobre la lixiviación de nitratos. Disponible en: <http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4443/577650.pdf?sequence=1>. Consultado: 30/06/2017.
- Pepa G.H. 2014. Maíz Colorado (Flint): Una Especialidad De Gran Calidad En El Sector Agrícola Argentino. Córdoba, Argentina: Córdoba Times. <http://www.cordobatimes.com/el-campo/2014/04/20/maiz-colorado-flint-una-especialidad-de-gran-calidad-en-el-sector-agricola-argentino/>.
- Rioja Molina, A. (2.002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real.
- Rubiolo, O.J. [et al.] 2005. Herramientas básicas para ajustar la tecnología del cultivo de maíz en la región central de Córdoba. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H. I., Vázquez-Vázquez, C., López-Martínez, J. D., Fortis-Hernández, M., Zuñiga-Tarango, R., & Amado-Álvarez, J. P. (2009). Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 373-382.

Anexo**Tabla10.** Valores medios y variabilidad de los componentes numéricos del rendimiento.

		Nº Granos/espiga	Nº granos/m2	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento (kg)	MB/ha (\$/ha)
D1d1	Media	536,2	2972,0	282,0	8378,6	7148,1
	DESV	28,8	291,6	7,6	830,5	1728,4
	CV	5,4	9,8	2,7	9,9	24,2
D1d2	Media	613,6	3374,7	292,8	9877,8	9531,5
	DESV	64,7	421,0	4,9	1225,9	2548,8
	CV	10,5	12,5	1,7	12,4	26,7
D1d0	Media	547,0	2916,0	280,0	8150,0	7401,2
	DESV	22,5	32,8	17,7	493,7	1026,6
	CV	4,1	1,1	6,3	6,1	13,9
D2d0	Media	499,0	3603,0	236,0	8501,0	7498,6
	DESV	54,5	358,9	7,3	796,6	1658,3
	CV	10,9	10,0	3,1	9,4	22,1
D2d2	Media	562,0	4027,0	260,0	10462,0	9827,8
	DESV	49,7	493,0	8,6	1256,8	1118,3
	CV	8,8	12,2	3,3	12,0	11,4
D2d1	Media	529,0	3743,0	267,0	9973,0	10109,3
	DESV	23,5	300,1	7,3	537,1	2616,3
	CV	4,5	8,0	2,7	5,4	25,9

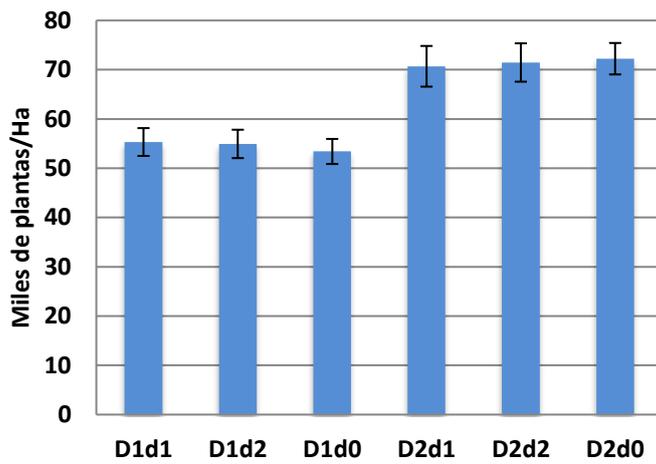


Figura 12. Numero de plantas lograda por tratamiento.

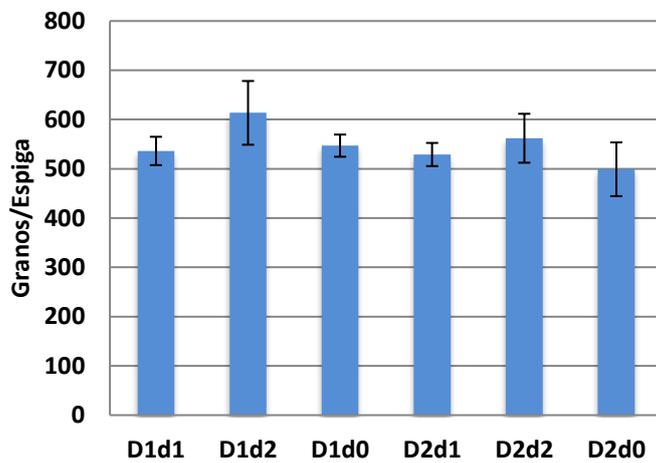


Figura 13. Numero de granos/espiga por tratamiento.

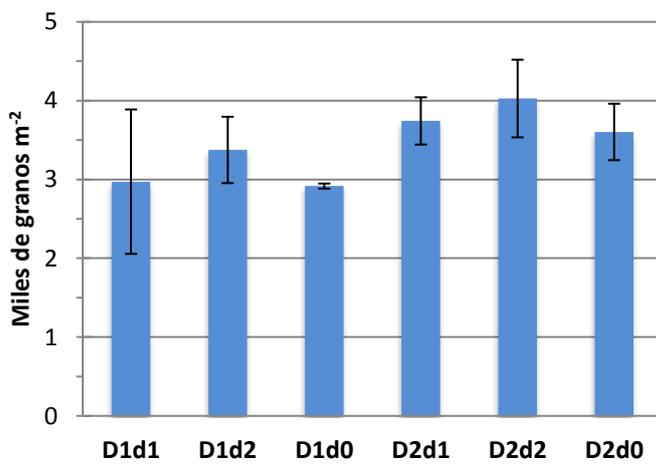


Figura 14. Numero de granos medio/m²por tratamiento.

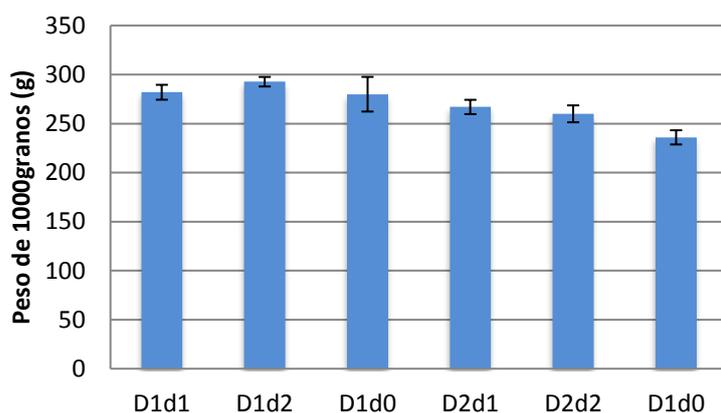


Figura 15: Peso medio de mil semillas por tratamiento.

Tabla 11. Diferencia de rendimiento porcentual entre tratamientos y sus testigos.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Dif Rend (%)
D1d1	8378	103
D1d2	9877	121
D1d0	8150	100
D2d1	9973	117
D2d2	10462	123
D2d0	8501	100

Tabla 12. Determinación del margen bruto por tratamiento.

Tratamiento	Precio neto de venta (u\$s)	Cotización dólar (u\$s)	Rend. (tn)	IB (\$/ha)	Gastos fijos (\$)	Gastos variables (\$)	MB/ha (\$/ha)
D1d0	130	16	8,15	16.965	7.618	1.933	7.414
D1d1	130	16	8,37	17.423	7.618	2.669	7.136
D1d2	130	16	9,87	20.545	7.618	3.405	9.522
D2d0	130	16	8,50	17.694	7.618	2.578	7.498
D2d1	130	16	10,46	21.778	7.618	4.050	10.110
D2d2	130	16	9,97	20.760	7.618	3.314	9.828

Indicadores ética profesional.

¹Estrategias para la Sustentabilidad.

²Propuestas de Valor.

³Modelo de negocios.

¹¹Competencia leal.

¹⁴Participación en el Desarrollo de Política Públicas.

¹⁹Gestión de Responsabilidad Social / Sustentabilidad.

²⁴Relaciones con Empleados (Efectivos, Tercerizados, o a Tiempo Parcial).

²⁷Compromiso con el Desarrollo Profesional.

²⁹Salud y Seguridad de los Empleados.

³¹Relacionamiento con el consumidor.

³⁷Enfoque y GG. de Acciones Relacionadas con el Cambio Climático.

³⁸Adaptación al Cambio Climático.

³⁹Sistema de Gestión Ambiental.

⁴⁵Educación y Concientización Ambiental.

⁴⁶Impactos del transporte, logística y distribución.