



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

Proyecto de Trabajo Final presentado para optar al Grado de  
Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Práctica Profesional

Empresa: **AGROSTONES S.A**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MAÍZ ANTE  
DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO Y ANTECESORES**

**Toselli María Luz**

**DNI: 34590800**

**Director: Ing. Agr. MSc Marcos Bongiovanni**

**Tutor Externo: Ing. Agr. Carlos Nazareno Faricelli**

**Río Cuarto – Córdoba**

**2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Evaluación del rendimiento del maíz ante diferentes dosis de nitrógeno y antecesores.

Autor: Toselli María Luz

DNI: 34.590.800

Director: Bongiovanni, Marcos

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

Aprobado por Secretaria Académica: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

*Gracias a mi familia, a mi novio y a mis amigos por incentivarme a iniciar y alentarme a seguir cada vez que lo necesite.*

*Gracias a Charly y a Marcos por ayudarme a darle fin.*

## ÍNDICE

	Página
Resumen	VI
Summary	VII
Introducción	8
Objetivos	11
Materiales y Métodos	12
Resultados y Discusión	25
Conclusiones	36
Bibliografía	37
Anexo	41

## ÍNDICE DE IMÁGENES

	Página
Figura N°1 Imagen satelital del lote donde se llevo a cabo el ensayo, ubicado en el sudoeste de la provincia de Córdoba en la entrada al viejo camino a Alpa Corral.	13
Figura N°2 Gráfico de Precipitaciones y Temperatura media decádica (1 de Diciembre – 31 de Marzo año 2013)	14
Figura N°3 Contenido de humedad en diferentes estadios del cultivo de maíz A) Siembra B) V6 y C) R6	15
Figura N°4 Gráfico de lámina de agua almacenada al metro a la siembra y en el estadio V7 y madurez fisiológica (MF) del cultivo de maíz.	16
Figura N°5 Esquema de la variabilidad topográfica en lote donde se llevó a cabo el ensayo.	17
Figura N°6 Esquema del diseño y de los niveles de Nitrógeno expresados en kilogramos de Urea/Ha.	20
Figura N°7 A) Ensayo en bloques apareados sobre trigo B) Ensayo antecesor maíz en bloques de baja densidad y alta densidad de maíz correspondientes al sector loma y bajo del lote, respectivamente.	21

Figura N° 8 Vista satelital del ensayo en sector loma y bajo.	21
Figura N° 9 Detalle de maíz sobre los distintos cultivos antecesores.	22
Figura N°10 Imagen ilustrativa del instrumento GreenSeeker y su funcionamiento.	23
Figura N°11 Gráfico de rendimiento de maíz en función de distintas dosis de nitrógeno para la densidad de 61 mil plantas por Ha., zona loma. (Se indican CV)	26
Figura N°12 Gráfico de rendimiento de maíz en función de distintas dosis de nitrógeno para la densidad de 71000 plantas por Ha., zona bajo. (Se indican CV)	27
Figura N°13 Gráfico de comparación del rendimiento de maíz entre loma (densidad 61 mil plantas) con bajo (71 mil plantas).	28
Figura N°14 Ensayo de maíz con distintos niveles de fertilización.	29
Figura N°15 Ensayo de maíz con distintos niveles de fertilización, en estado más avanzado.	29
Figura N°16 Ensayo de maíz sobre el cultivo antecesor trigo con diferentes niveles de fertilización.	30

Figura N°17 Ensayo de maíz antecesor trigo con distintas dosis de fertilización. Detalle de las espigas obtenidas en cada tratamiento.	31
Figura N°18 Detalle de las espigas obtenidas para cada dosis de fertilización.	32
Figura N°19 Rendimiento de maíz con antecesor maíz con distintos niveles de fertilización.	33
Figura N°20 Gráfico de comparación de rendimientos con distintos cultivos antecesores y con distintos niveles de fertilización.	34
Figura N° 21 Gráfico de Curva de Calibración de N en Maíz antecesor Trigo - Rio IV – Campaña 12/13.	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Resultados de determinaciones de suelo al momento de la siembra del cultivo de maíz con antecesor maíz y trigo.	25
---	----

## RESUMEN

Los sistemas de producción de la región pampeana Argentina registraron en la última década un cambio hacia una agricultura continua. Los maíces tardíos han adquirido importancia en los últimos años. El buen rendimiento obtenido a pesar de su menor potencialidad respecto a fechas tempranas ha convertido a las siembras de maíz tardías en una alternativa interesante dentro del sistema productivo. Además, teniendo en cuenta que los cereales de invierno cumplen un rol fundamental en la rotación, permitiendo obtener una productividad estable en el tiempo se buscó evaluar el efecto sobre la disponibilidad de nutrientes para el cultivo posterior y su influencia sobre la necesidad de fertilización. La fertilización constituye una de las herramientas de manejo que afecta más directamente el costo de producción de cereales como el maíz. Para corroborar la importancia del cultivo antecesor y la fertilización en maíces tardíos se llevaron a cabo ensayos en la zona de Río Cuarto, dirigidos por la empresa “Agrostones SA”, los cuales consistieron en la siembra de maíz sobre trigo y maíz sobre maíz con distintas dosis de urea (0, 100, 150, 200, 250, 300 kg/ha) y con distintas densidades de siembra (71000, 61500 pl/ha). En los ensayos se evaluaron los rendimientos obtenidos con los distintos tratamientos. A partir del análisis de los resultados se concluyó que la disponibilidad de nitratos a la siembra para el cultivo del maíz es mayor con cultivo antecesor maíz en comparación al cultivo antecesor trigo y que la fertilización nitrogenada en maíz aumenta y en forma significativa, el rendimiento independientemente del cultivo antecesor y de la densidad.

**Palabras Claves:** Maíz, Trigo, Fertilización.

## SUMARY

Production systems of the Argentina Pampas region recorded over the past decade a shift towards a continuous agriculture. The mails of late planting have gained importance in the last years. The good performance achieved despite their lower potential compared to earlier dates has made of late planting corn in a interesting alternative within the production system. Furthermore, considering that winter cereals play a key role in the rotation, allowing a stable productivity over time we sought to evaluate the effect on the availability of nutrients for the subsequent crop and its influence on fertility needs. Fertilization is one of the management tools that most directly affects the cost of production of cereals such as maize. To confirm the importance of the preceding crop and fertilization on maize dated late planting were carried out tests in the area of Rio Cuarto, led by the company "Agrostones SA", which included the planting of corn over wheat and corn over corn with different doses of urea (0, 100, 150, 200, 250, 300 kg / ha) and with different densities (71000, 61500 pl / ha). In trials the yield obtained with the various treatments were evaluated. From the analysis of the results it is concluded that the availability of nitrates at planting for maize is higher with preceding crop corn compared to the preceding crop wheat and nitrogen fertilization in corn increases and significantly, the performance regardless the preceding crop and density.

**Keywords:** Corn, Wheat, Fertilization.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de la región pampeana Argentina registraron en la última década un cambio hacia una agricultura continua lo que provocó un impacto productivo nunca antes visto en el país. Asimismo, se habilitaron a la producción nuevas áreas que estaban ocupadas con montes o bosques, debido a las posibilidades ecológicas y a aspectos económicos favorables. Se generó así un fuerte aumento en la producción nacional de granos, carne, leche y otros productos, que en la mayoría de los casos no fue acompañada por una racional rotación y nutrición de la secuencia de cultivos, factores fundamentales para mantener la alta fertilidad y capacidad productiva originales de los suelos (Albrecht *et al.*, 2013).

La rotación de cultivos es el fundamento de la sustentabilidad, ya que solo con alta proporción de gramíneas puede alcanzarse el aporte de Carbono (C) necesario para equilibrar las pérdidas de Materia Orgánica (MO). Existe suficiente información sobre el área pampeana argentina, para asegurar que el monocultivo de soja provoca balances altamente negativos de C y por lo tanto es la de más alto índice de degradación. Para que los mismos sean más favorables son necesarias otras secuencias de cultivos, que deberían incluir gramíneas como maíz y trigo y otras alternativas invernales diferentes al trigo (Albrecht *et al.*, 2013).

Los cereales de invierno cumplen un rol fundamental en la rotación, ya que su presencia promueve el mantenimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, permitiendo obtener una productividad estable en el tiempo. El trigo es el principal cultivo que interviene en las secuencias de la región, caracterizándose por su estabilidad de rendimiento y una mayor seguridad de cosecha que otras zonas de la región pampeana (Forján y Manso, 2011)

El maíz de segunda es aquel maíz que se siembra luego de un cultivo de invierno como el trigo, la cebada, las legumbres o los verdes. Se trata de un cultivo que se realiza detrás de otro cultivo de crecimiento invierno-primaveral en la misma campaña agrícola. La elección de sembrar Maíz de Segunda arriba de un cultivo de invierno es una excelente herramienta para diversificar los cultivos, mejorar los márgenes brutos por hectárea, y aumentar la captura de carbono en las rotaciones (DEKALB, 2010). La alta relación C/N de los rastrojos de cereales de invierno determina una descomposición lenta y favorece la formación de MO estabilizada del suelo. El aumento de los niveles de fertilización nitrogenada observado en los últimos años, respondiendo a variedades con alto potencial de rinde, favorece el aporte de rastrojos ya que se produce mayor biomasa durante el ciclo del cultivo (Forján y Manso, 2011).

Los maíces tardíos (siembra de fines de noviembre a principios de enero) han adquirido importancia en los últimos años. El buen rendimiento obtenido a pesar de su menor potencialidad respecto a fechas tempranas (Otegui et al., 2002; Maddonni, 2012) ha convertido a las siembras de maíz tardías en una alternativa interesante dentro del sistema productivo. La disponibilidad de información sobre cuestiones de manejo en siembras tardías es actualmente escasa, y hasta hace poco no existía ninguna red definida con protocolos estandarizados para generar información de utilidad que facilite las decisiones de manejo a los productores (AAPRESID, 2001).

El nitrógeno y el fósforo son los dos macronutrientes más limitantes para la producción agrícola en las zonas maiceras de la Argentina. Estos nutrientes condicionan, entre otros aspectos, la determinación de la capacidad de los destinos productivos (Andrade et al., 1996). El nitrógeno participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas (Duggan, 2002).

La oferta de nitrógeno del suelo y/o el estado nutricional de las plantas pueden ser utilizados como un indicador del rendimiento potencial del cultivo. Suponiendo que la primera fuera escasa o el segundo pobre, existiría la posibilidad de corregirlos agregando una fuente de nitrógeno mineral (Villar *et al.*, 2001). Queda en claro entonces que es necesaria la práctica de fertilización para aportar los nutrientes en el momento adecuado y la cantidad adecuada.

El GreenSeeker (green = verde y seek = buscar) es un instrumento que provee un índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), cuya interpretación puede contribuir al diagnóstico rápido y dirigido de las condiciones nutricionales (especialmente de nitrógeno), el estado fisiológico, la incidencia de estrés, y el rendimiento potencial de los cultivos (Inman *et al.*, 2005, Lan et al. 2009). A diferencia de las imágenes aéreas y satelitales, este sistema provee información obtenida localmente y de forma rápida mediante determinaciones terrestres. Además, puede contribuir a disminuir los costos de producción, porque permitiría aplicar la cantidad exacta de fertilizantes y de agua, y la mitigación del estrés en el momento apropiado y en el lugar correcto (Verhulst *et al.*, 2009), reduciendo el gasto superfluo de insumos agrícolas de alto costo financiero y ambiental.

La fertilización constituye una de las herramientas de manejo empresarial que afecta más directamente el costo de producción de cereales como el maíz. Describir los rendimientos en función del agregado creciente de nutrientes mediante la construcción de curvas de respuesta permite ajustar las recomendaciones en función de nuevas tecnologías (Benzi *et al.*, 2008).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivos generales**

- Evaluar la dosis de nitrógeno para obtener mayores rendimientos en un maíz de segunda con distintos antecesores.
- Adquirir conocimientos y experiencia práctica, complementando la formación académica, desde una situación real de experimentación y manejo del cultivo de maíz.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el rendimiento de maíz sobre trigo y maíz sobre maíz, según diferentes dosis de nitrógeno, buscando obtener la fertilización adecuada.
- Determinar rendimiento de maíz comparando antecesores: maíz y trigo.
- Establecer relación entre el NDVI y los niveles de fertilización.
- Adquirir experiencia en análisis químicos de suelos, específicamente en las determinaciones de materia orgánica y nitrógeno.
- Vivenciar el ámbito profesional para facilitar la integración futura como egresado, en el seguimiento y cosecha del cultivo de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la empresa

La empresa en la que se llevó a cabo la práctica fue AGROSTONE SA, la misma se localiza en la ciudad de Río Cuarto, Córdoba. La sociedad presta servicios agrícolas entre ellos: pulverización, fertilización aérea y terrestre, siembra, cosechas, planificación y diseño de plantación, monitoreo de cultivos, control de plagas, control de malezas, control de cosecha y asesoramiento e implementación de nuevas tecnologías como es la Agricultura de Precisión.

La Agricultura de Precisión (AdeP) brinda un conjunto de herramientas y procedimientos para unir variables mapeadas a las decisiones de manejo, con el objetivo principal de mejorar la rentabilidad de los sistemas productivos a través de la eficiencia en el uso de los insumos (Bragachini *et al.*, 2003). Con la agricultura de precisión se realiza manejo de sitio específico, pudiéndose definir a Manejo Sitio Específico (MSE) como la gestión del cultivo en una escala espacial y temporal apropiada para la variabilidad del paisaje, mediante el uso de la tecnología moderna de la información (Richard Plant, 2004 com. pers.).

En busca de un ajuste en la fertilización de maíz con antecesor trigo la empresa AGROSTONE SA planteó un ensayo. Estableciendo un vínculo con la Universidad Nacional de Río Cuarto mediante un Convenio Específico de Práctica Profesional se realizó el seguimiento del ensayo a campo, toda actividad fue dirigida por el In. Agr. Carlos Faricelli. Se complementaron las actividades realizadas a campo con una etapa de laboratorio en la Facultad de Agronomía y Veterinaria-UNRC, donde se realizaron todos los análisis requeridos por la empresa, pretendiendo recolectar la mayor información posible para los posteriores análisis.

### Ubicación del lote

El lote (Figura N°1) sobre el que se realizó el ensayo se encuentra en el sudoeste de la provincia de Córdoba, dentro del departamento Río Cuarto, en la intersección entre la Ruta Nacional número 36 y la Ruta Provincial número 24 que se dirige hacia la localidad de Alpa Corral ( $32^{\circ} 58' 57.511''$  S,  $64^{\circ} 21' 13.325''$  O).



Figura N°1 Imagen satelital del lote donde se llevo a cabo el ensayo, ubicado en el sudoeste de la provincia de Córdoba en la entrada al viejo camino a Alpa Corral.

### **Características climáticas y condiciones meteorológicas**

El clima es subhúmedo con estación seca y régimen térmico mesotermal determinado por las temperaturas medias del mes más cálido, enero, del mes más frío, julio, y por la amplitud térmica anual. El régimen pluviométrico, al concentrarse desde mediados de primavera hasta mediados del otoño, se denomina monzónico con un promedio anual de 800 mm (INTA Manfredi, 2003).

Durante la campaña agrícola 2012-2013 las condiciones ambientales fueron las adecuadas para el crecimiento y desarrollo del cultivo. En la figura N°2 se pueden observar los registros de precipitaciones y temperaturas medias ocurridas durante el periodo mencionado.

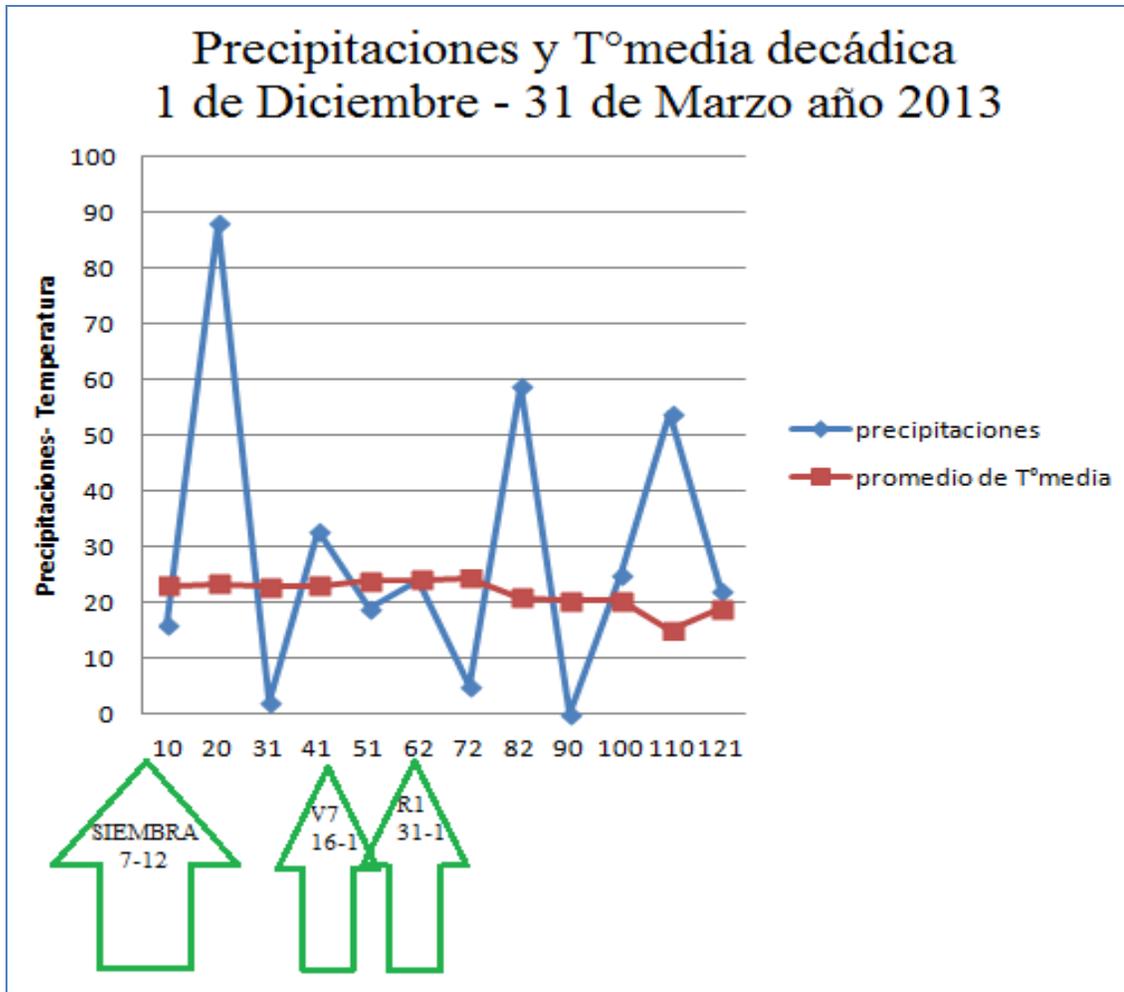


Figura N°2 Gráfico de Precipitaciones y Temperatura media decádica (1 de Diciembre – 31 de Marzo año 2013).

#### Humedad del suelo durante el ciclo del cultivo

Con respecto a la humedad del suelo, a partir de la siembra y durante todo el ciclo del cultivo los niveles de humedad se encontraron por encima del Punto de Marchitez Permanente (PMP) como se observa en las Figura N°3 y N°4. El PMP es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y así obtener del mismo los nutrientes esenciales como lo es el Nitrógeno (N) el cual llega a la raíz por medio de flujo masal. Dentro de la planta el N es transportado por flujo transpiratorio (Bonadeo, *et al.*, 2011).

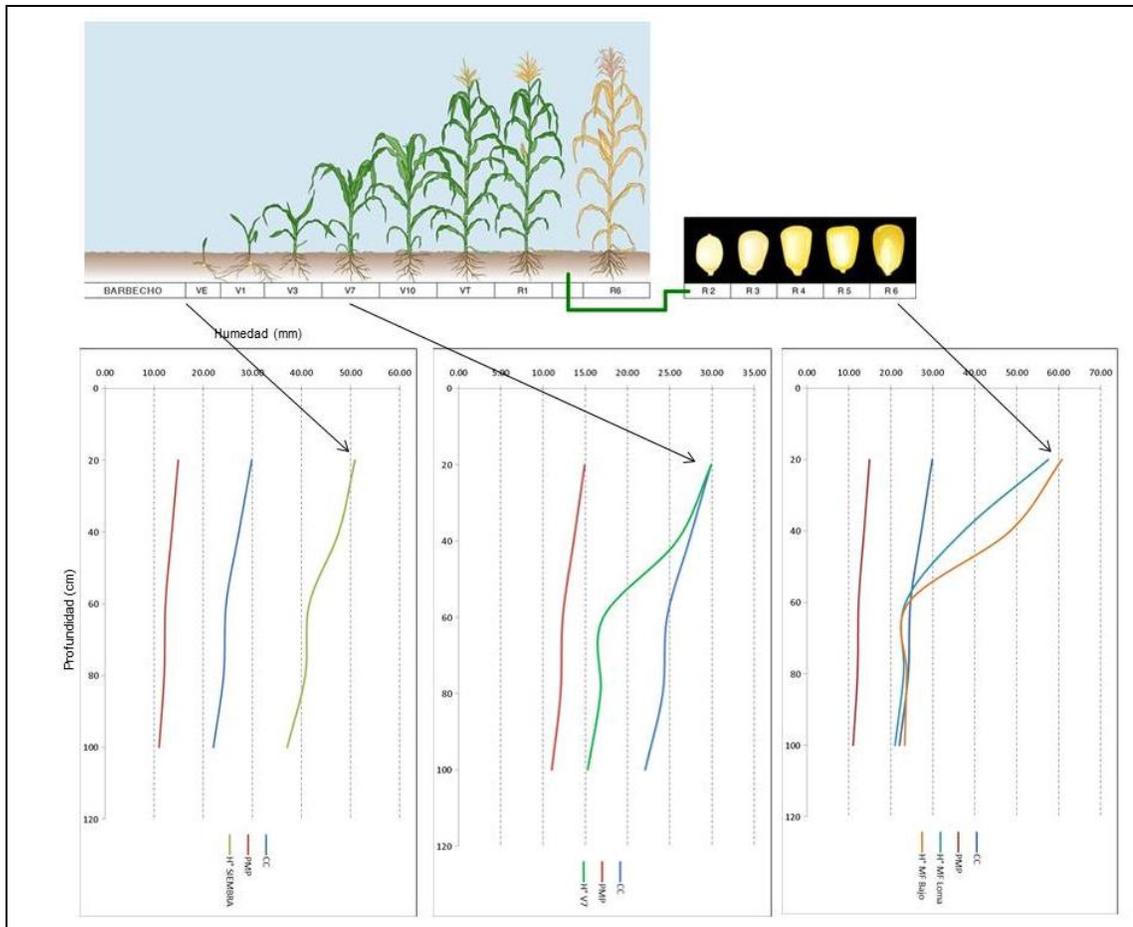


Figura N°3 Contenido de humedad en diferentes estadios del cultivo de maíz A) Siembra b) V7 y C) R6.

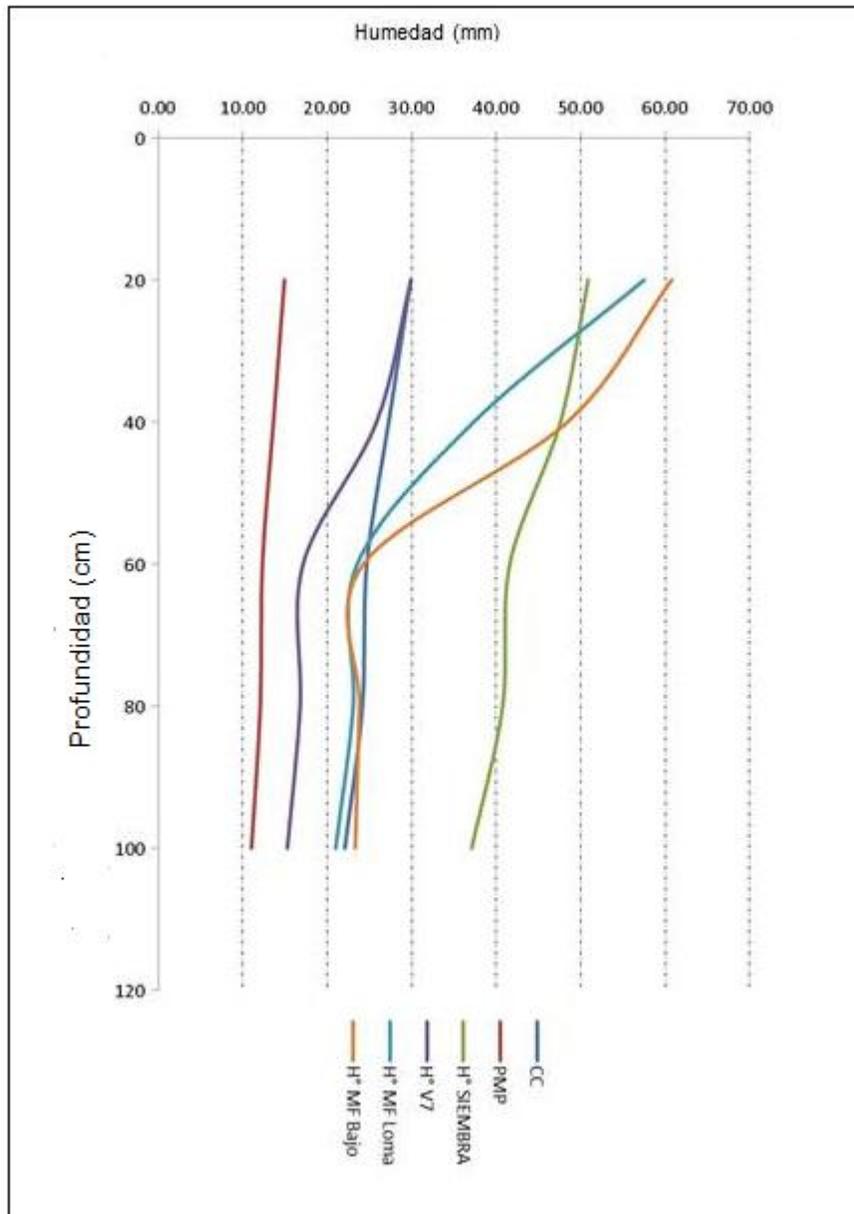


Figura N° 4 Gráfico de lámina de agua almacenada al metro a la siembra y en el estadio V7 y madurez fisiológica (MF) del cultivo de maíz.

A la siembra el perfil presentaba 154 mm de agua total/metro de profundidad de suelo, 65mm/mt de agua útil, esto es 89 mm por encima de capacidad de campo (CC). A los 40 días desde la siembra, cuando el cultivo se encontraba en el estado fenológico V7, (momento crítico para la producción) el suelo tenía una humedad de 41mm al metro de profundidad. En ese lapso llovió 142 mm. Desde siembra a 20 días después de R1 llovieron 230 mm, alrededor de R1 27 mm 15 días antes y 60 mm 15 días posteriores, días definidos como periodo crítico.

## Condiciones edafoclimáticas

Fisiográficamente el campo se dispone en la planicie periserrana ondulada. Es un plano alto, con pendiente regional hacia el este, bastante uniforme y que disminuye en el mismo sentido. El relieve está parcialmente cubierto por depósitos de pedemonte y totalmente cubierto por una potente acumulación eólica franco-areno-limoso. Presenta además, líneas estructurales que cortan en dos sentidos (noreste-sudoeste y noroeste-sudeste) a las vías de desagüe, las que generalmente adoptan sus diseños de drenaje. En las partes más onduladas es frecuente observar fenómenos erosivos por exceso de laboreo. Son suelos ubicados en ambientes planos y suavemente ondulados, bien drenados, profundos, franco arenoso en superficie, francos en subsuelo (INTA Manfredi, 2003).

El perfil representativo corresponde a un Hapludol típico de débil desarrollo, con horizonte A1 de 22cm de moderado contenido de materia orgánica (INTA Manfredi, 2003).

En el lote se presenta una marcada variabilidad topográfica como en la gran mayoría de los campos de la zona, puntualizada por el plano altimétrico. Tanto fotografías aéreas como imágenes satelitales, permiten identificar claramente dicha variabilidad contrastando las particulares zonas de bajos y lomas.

En la Figura N°5 se observa la mencionada variabilidad topográfica, en una grafica 3D obtenida por medio del software SurferR version 8.00.

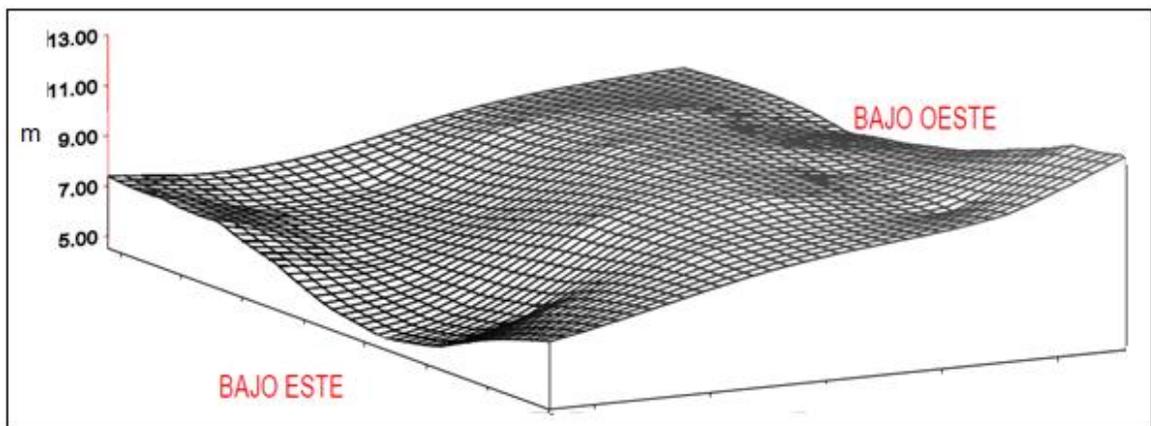


Figura N° 5 Esquema de la variabilidad topográfica en lote donde se llevó a cabo el ensayo.

## **Muestreo y Análisis del suelo**

En el lote donde se llevó a cabo el ensayo se realizaron muestreos de suelo pre siembra para su posterior análisis. La recolección de las muestras es el paso más importante en los programas de análisis porque se utiliza una muestra para obtener información representativa de todo el lote (Díaz-Zorita y Melgar, 1997). La finalidad de un programa de análisis de suelos es realizar recomendaciones de fertilización que produzcan el máximo retorno económico bajo las condiciones agroeconómicas reinantes e incrementar los niveles de fertilidad del suelo originariamente deficientes, evaluarlos periódicamente y estabilizarlos en el largo plazo (Díaz-Zorita y Melgar, 1997).

En las recorridas a campo se tomaron muestras de suelo para las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm con la finalidad de obtener datos de Materia Orgánica de los primeros 20 cm, datos de nitrógeno de nitratos hasta los 60cm y humedad hasta los 100 cm.

El muestreo consistió en realizar un recorrido en zig-zag tomando 10 muestras simples (submuestras) de cada profundidad (0-20; 20-40; 40-60) con las que se realizaron 3 muestras compuestas del área del lote con antecesor trigo. Del mismo modo se procedió sobre el área del lote con antecesor maíz.

Posteriormente, en dichas muestras se determinaron, en el laboratorio de Química de Suelos de la FAV, las siguientes propiedades:

- Materia Orgánica: determinación del contenido de carbono orgánico, método de MEBIUS modificado (Nelson and Sommers, 1982) basado en Walkley y Black (1934) a las muestras de 0-20 cm de profundidad.
- Nitrógeno del suelo: determinación colorimétrica de nitratos por el método del Fenol disulfónico a muestras de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm de profundidad (Keeney y Nelson, 1982).
- Contenido hídrico del suelo: método gravimétrico hasta los 100 cm de profundidad.

## **Manejo Agronómico**

### Siembra

El 7 de Diciembre, con la llegada de las lluvias, se efectuó, por un lado, la siembra del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sobre trigo en dos bloques diferenciados por corresponder uno a una zona

de bajo y otro a una loma. En forma complementaria se realizó la siembra de maíz sobre antecesor Maíz.

Se utilizó para la siembra semilla marca PIONEER <sup>TM</sup>, categoría Híbrido 32F07YR; la labor se realizó con una sembradora Agrometal modelo TX Mega Inteligente IOM, a 52 cm, dosificación a placa por comando electrohidráulico apta para VRT (*variable rate technology*-agricultura de precisión).

#### Diseño Experimental: Manejo densidad y fertilización

En el área donde se sembró maíz con antecesor trigo, se plantearon dos bloques con diferentes densidades de siembra, 71000 semillas/ha correspondiente al bloque bajo y 61500 semillas/ ha en el bloque loma, respondiendo al manejo de sitio específico en relación a la población de maíz. Dentro de cada bloque se fertilizó en franjas de 26 surcos (13+13) con diferentes dosis: 0, 100, 150, 200, 250, 300 kg de urea /ha, adoptando un diseño de Parcelas Apareadas (Figura 6, 7, 8, 9).

En el caso del ensayo donde se sembró maíz sobre maíz como cultivo antecesor, se utilizó una densidad de 71000 semillas/ha y solo se evaluó diferentes dosis de fertilizante nitrogenado (0, 100, 300 kg de urea/ ha). En este ensayo el sistema de evaluación fue el denominado Testigos Apareados, en cual cada nivel de fertilización siempre esta apareado a un testigo con dosis cero de fertilizante. Este sistema pretende aislar los efectos ambientales con tratamientos bien contrastantes en su efecto sobre el rendimiento, cruzando los ambientes y obteniendo resultados de diferencias respecto al testigo apareado para poder concluir con certeza. Con los resultados de rendimientos obtenidos en esta parcela fue posible la comparación de respuesta a diferentes dosis según antecesor (Figura 7, 8, 9).

La fertilización se realizó con Urea el mismo día de la siembra.

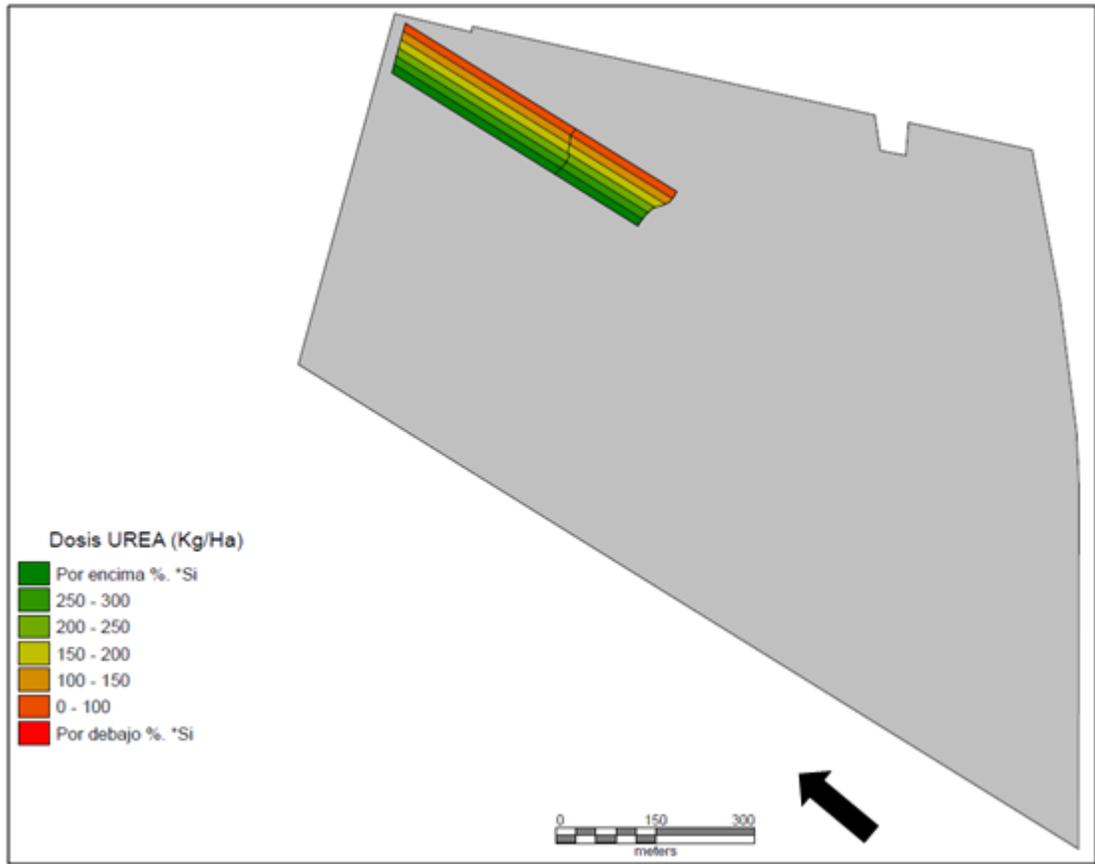


Figura N°6 Esquema del diseño experimental utilizado y detalle de los niveles de Nitrógeno expresados en kilogramos de Urea/ha.



Figura N°7 A) Ensayo en bloques apareados siempre al testigo, sobre trigo B) Ensayo antecesor maíz en bloques de baja densidad y alta densidad de maíz correspondientes al sector loma y bajo del lote, respectivamente.



Figura N° 8 Vista satelital del ensayo en sector loma y bajo.

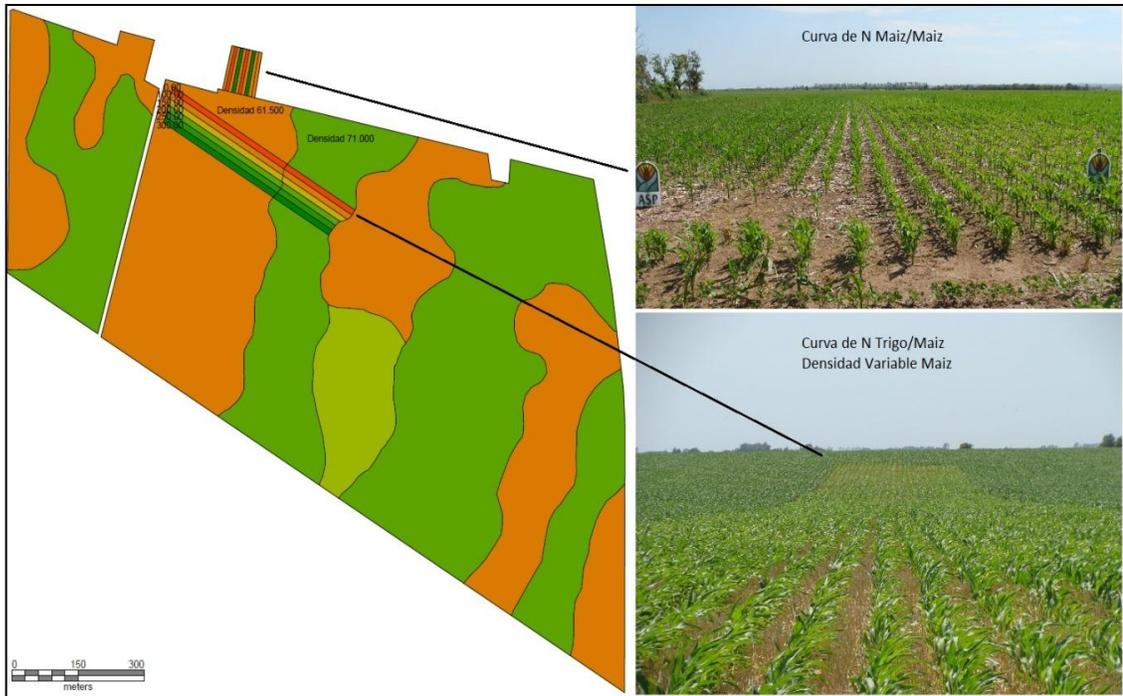


Figura N° 9 Detalle de maíz sobre los distintos cultivos antecesores.

### Protección vegetal

El único control realizado fue el control de malezas, por la presencia de “Yuyo colorado” *Amaranthus quitensis*, “Cien nudos” *Polygonum aviculare*, entre otras. Se realizaron aplicaciones de 2,4-D 100% (0,5 litros/ha) y Glifosato WG (1,3 litros /ha), en una aplicación en cobertura total cuando el cultivo de maíz se encontraba en tres hojas (V3).

En el caso de insectos y enfermedades no fueron necesarias aplicaciones de ningún producto químico.

### Mediciones de verdor

En forma complementaria y en el marco de la práctica profesional, sobre el cultivo se realizaron mediciones de verdor en V7 con el instrumento GreenN Seeker Handheld (Figura N°10).

El GreenSeeker (green = verde y seek = buscar) es un instrumento que provee un índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), cuya interpretación puede contribuir al diagnóstico rápido y dirigido de las condiciones nutricionales (especialmente de nitrógeno), el estado fisiológico, la incidencia de estrés, y el rendimiento potencial de los cultivos (Inman *et*

al., 2005, Lan *et al.* 2009). Este índice es adjetivado como “normalizado” porque produce valores en el rango del 1 y el -1 (un uno representaría la densidad más alta posibles de hojas verdes y saludables). El NDVI es un índice que permite integrar y analizar mediciones de luz del rojo y rojo lejano realizadas con sensores remotos o próximos a las plantas, e identificar la presencia de vegetación verde y viva con base en su reflexión en los ámbitos de frecuencia de la luz correspondientes al rojo y rojo lejano (Sellers, 1985; Skye, 2005; Solari *et al.*, 2008).

El NDVI (“Normalized Difference Vegetation Index”) es un índice normalizado de la vegetación definido como:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

dónde RED ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) es la radiación roja incidente sobre la superficie vegetal y NIR ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) es la radiación infrarroja cercana reflejada por ella.



Figura N°10 Imagen ilustrativa del instrumento GreenSeeker y su funcionamiento.

#### Cosecha del cultivo, obtención y procesamiento de resultados

La cosecha se realizó en julio del año 2013, con una cosechadora Vasalli 7500, cabezal Maicero, 16 a 52, con monitor de rendimiento ag leader pf advantage con el cual se determinó producción.

Para obtener el mapa de rendimiento, y por ende procesar los datos, se utilizó el software FarmWorksR version 6.05. El mapa de rendimiento es la representación gráfica de la producción del lote, por la distribución espacial de puntos que contienen, entre otros, información de ubicación geográfica, rendimiento y posible tratamiento realizado en cada uno. Procesando esa información se obtienen los datos de campo para su posterior estudio.

Para evaluar a campo ensayos en franjas, como el que nos compete, solo se debe poseer el monitor de rendimiento calibrado y cosechar los ensayos respetando las franjas de los tratamientos. Esta cuestión práctica tiene la ventaja de que el análisis de los resultados se puede realizar por sectores diferentes de los lotes, y de esta manera ajustar el manejo diferencial dentro de los lotes. Por ejemplo, la respuesta en rendimiento de diferentes dosis de fertilizantes en el cultivo de maíz pueden ser idénticas si se usan los promedios, pero diametralmente opuestas en la loma y en el bajo de un lote; ese valioso dato solo se logra a través del mapa de rendimiento (Bragachini *et al.*, 2003).

En este trabajo, los datos de rendimiento por dosis de fertilizante y por sitios se obtuvieron mediante el mapa de rendimiento logrado en la cosecha.

Otras herramientas utilizadas fueron, el software SurferR versión 8.00 (DiRienzo *et al.*, 2011), el software estadístico InfoStat versión 1.1 profesional para comparar estadísticamente los resultados y el Microsoft Office Excel 2007.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de suelos

A partir de los muestreos de suelo realizados con anterioridad a la siembra tanto en el área maíz sobre maíz y maíz sobre trigo como cultivo antecesor se pudo observar, que al momento de la siembra existía mayor cantidad de nitrógeno de nitrato disponible en la rotación con maíz (Tabla N° 1).

Tabla N° 1 Resultados de determinaciones de suelo al momento de la siembra del cultivo de maíz con antecesor maíz y trigo.

	pH	MO (%)	NO3 (ppm)	N-NO3 (ppm)	H° (%)
<b>MUESTRA</b>					
<b>TRIGO-MAÍZ 0-20</b>	5,83	1,65	48,4	10,87	19,58
<b>TRIGO-MAÍZ 20-40</b>			28,63	6,43	18,32
<b>TRIGO-MAÍZ 40-60</b>			27,98	6,29	16,01
<b>MAÍZ-MAÍZ 0-20</b>	5,61	1,37	47,98	10,78	18,62
<b>MAÍZ-MAÍZ 20-40</b>			40,69	9,14	16,75
<b>MAÍZ-MAÍZ 40-60</b>			37,26	8,37	15,38

Estos datos recolectados concuerdan con lo demostrado por Ferraris y Couretot (2014) quienes concluyeron que la inmovilización en los residuos y la falta de tiempo en barbecho que permita la recomposición de nitratos reducen su disponibilidad, con frecuencia a valores menores a los observados a la siembra de maíces tempranos. Por este motivo, cuando se decidiera un mismo objetivo de nitrógeno (sumando el contenido en el suelo a la siembra y el agregado mediante fertilización), la dosis recomendada a aplicar puede aumentar considerablemente cuando el antecesor es trigo.

### Rendimientos

En la campaña agrícola 2012/2013, a partir de los resultados obtenidos en el ensayo, comparando diferentes dosis de fertilización en la loma con una densidad de 61 mil plantas/ha se pudo observar que existen diferencias en los rendimientos obtenidos para las distintas dosis de N en maíz de segunda (antecesor trigo). Como se puede observar en la figura N°11 a medida que aumenta la dosis de nitrógeno, aumenta en forma significativa el rendimiento.

Las menores diferencias de rendimientos se encontraron entre las dosis 115 y 138 kg de N /ha (250 y 300 kg de urea/ha respectivamente), por lo cual se podría inferir que la dosis óptima económica a elegir sería la menor de las dos.

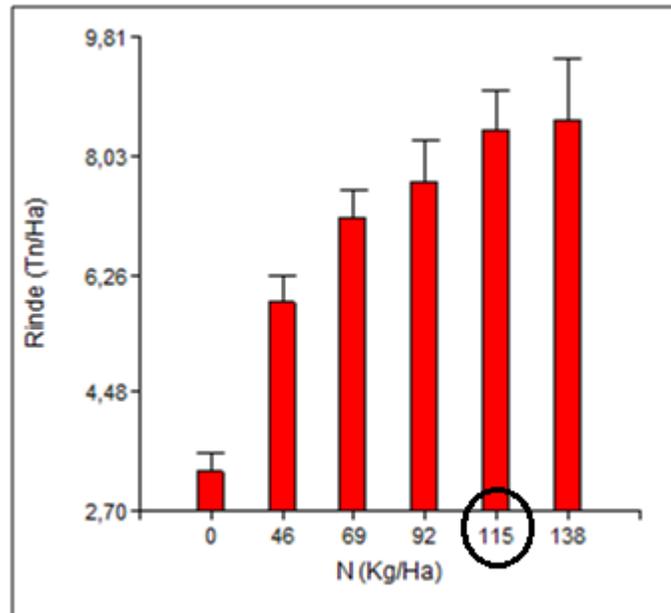


Figura N° 11 Gráfico de rendimiento de maíz en función de distintas dosis de nitrógeno para la densidad de 61 mil plantas por Ha., zona loma. (Se indican CV)

En el caso de la zona del bajo, donde se utilizó una densidad de 71 mil plantas/ha, también se observaron diferencias significativas y en la misma dirección entre los rendimientos obtenidos con diferentes dosis de N en maíz de segunda (antecesor trigo), como se ve en la figura N°12. Tal como en el caso anterior, las diferencias no son significativas entre las dosis 115 y 138 kg de N/ ha, dejando deducir una posible dosis óptima económica.

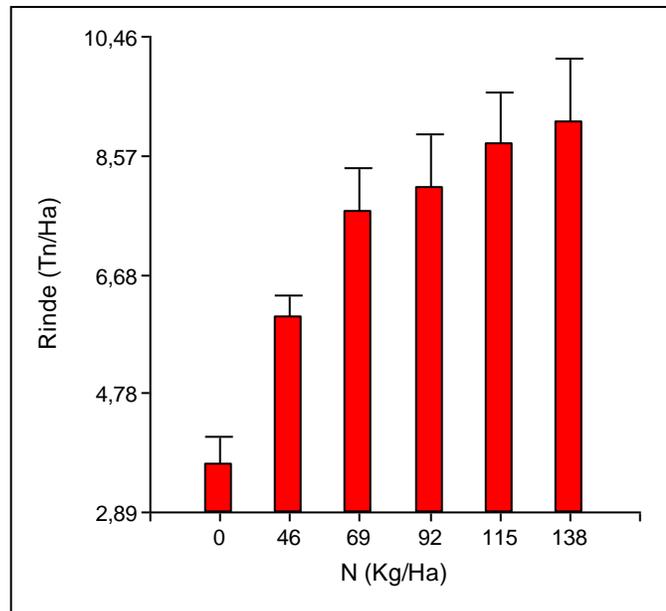


Figura N°12 Gráfico de rendimiento de maíz en función de distintas dosis de nitrógeno para la densidad de 71000 plantas por Ha., zona bajo. (Se indican CV)

A partir de lo expuesto anteriormente y como se puede apreciar en la figura N°13 donde se resume la respuesta del maíz a las dosis de nitrógeno en las distintas densidades, se puede deducir que a medida que aumenta la dosis de urea y por ende la disponibilidad de nitrógeno en el suelo para las plantas, el rendimiento responde de manera positiva (figuras 14, 15, 16, 17 y 18). A partir de ello se puede inferir que la nutrición nitrogenada es, en los ambientes de loma y bajo y con estas condiciones agronómicas, una limitante para el crecimiento y producción del cultivo como lo fue demostrado por Uhart y Echeverría (2012) quienes pusieron en evidencia que el estrés nitrogenado disminuye la captación de radiación solar por el cultivo y la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca, produciendo, por lo tanto, mermas en la materia seca total y en la partición de la materia seca a los granos, lo que ocasiona disminución en el rendimiento.

Cuando se comparan el testigo del bloque bajo con el testigo loma se puede observar una diferencia en rendimiento de un 10% a favor del bajo, que pensado en la diferencia en la disponibilidad de N para esa diferencia de rinde, da una disponibilidad de 8 Kg más de N en el bajo.

Por otro lado, a partir de los resultados surge que el incremento de rendimiento tuvo una respuesta con aumentos decrecientes, por lo que se puede inferir que esto puede deberse a que el Nitrógeno deja de ser el limitante principal a la producción en esta situación, el cual podría pasar

a ser la baja densidad, debido a que a las buenas condiciones hídricas de la campaña y el aumento de la oferta de nitrógeno a través de la fertilización mejoraron el ambiente, o que otro nutriente haya pasado a ser el principal limitante (Ley del Mínimo de Liebig), entre otros factores.

En cuanto a la posibilidad de encontrar una dosis óptima económica con un solo año de ensayo no es posible debido a que el ajuste de dosis de nitrógeno en maíz debe encontrar resultados promedios de considerables años de ensayos para que sean transferibles a la aleatoriedad del clima, permitiendo obtener los mayores rendimientos de maíz con la máxima eficiencia del nutriente fertilizado.

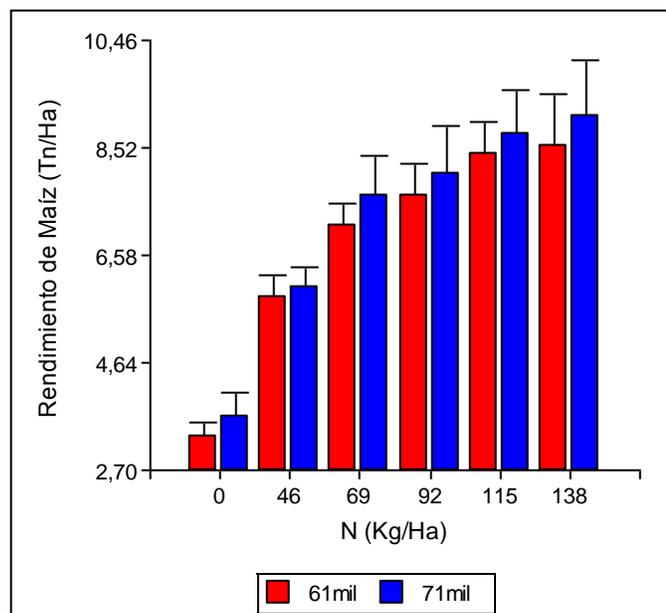


Figura N°13 Gráfico de comparación del rendimiento de maíz entre loma (densidad 61 mil plantas) con bajo (71 mil plantas).

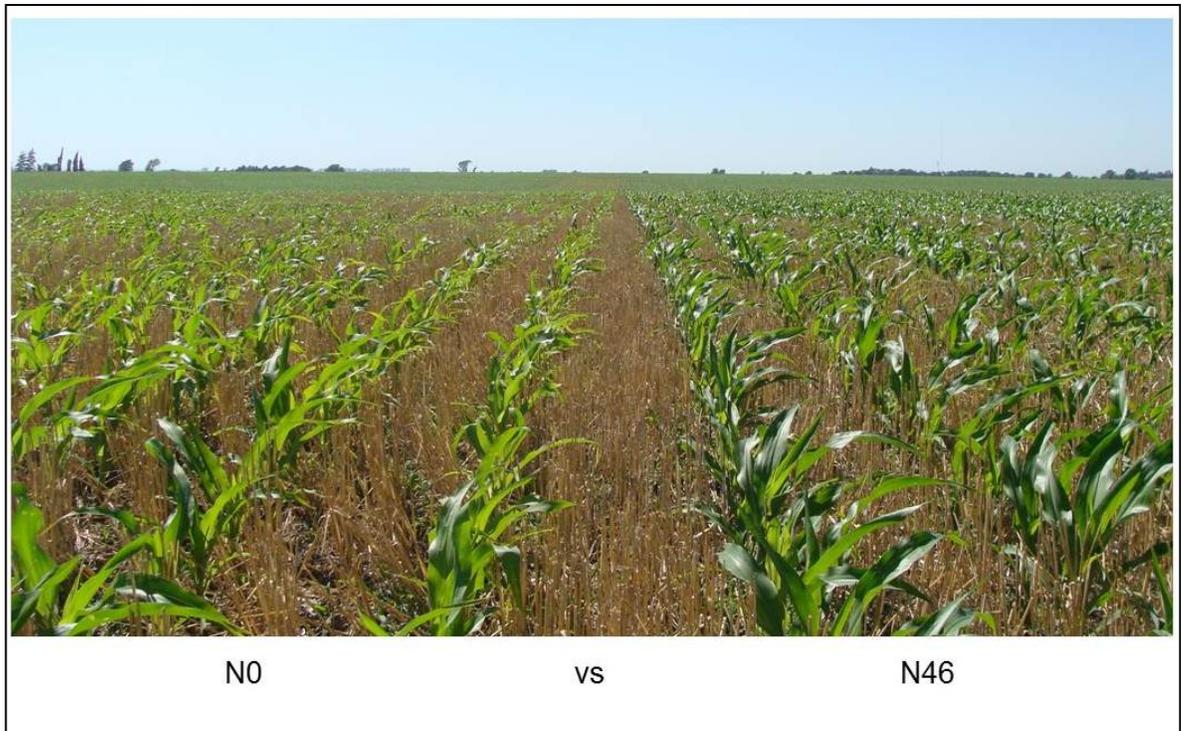


Figura N°14 Ensayo de maíz con distintos niveles de fertilización. N0: 0 kg de urea/ha; N46: 100 kg de urea/ha.

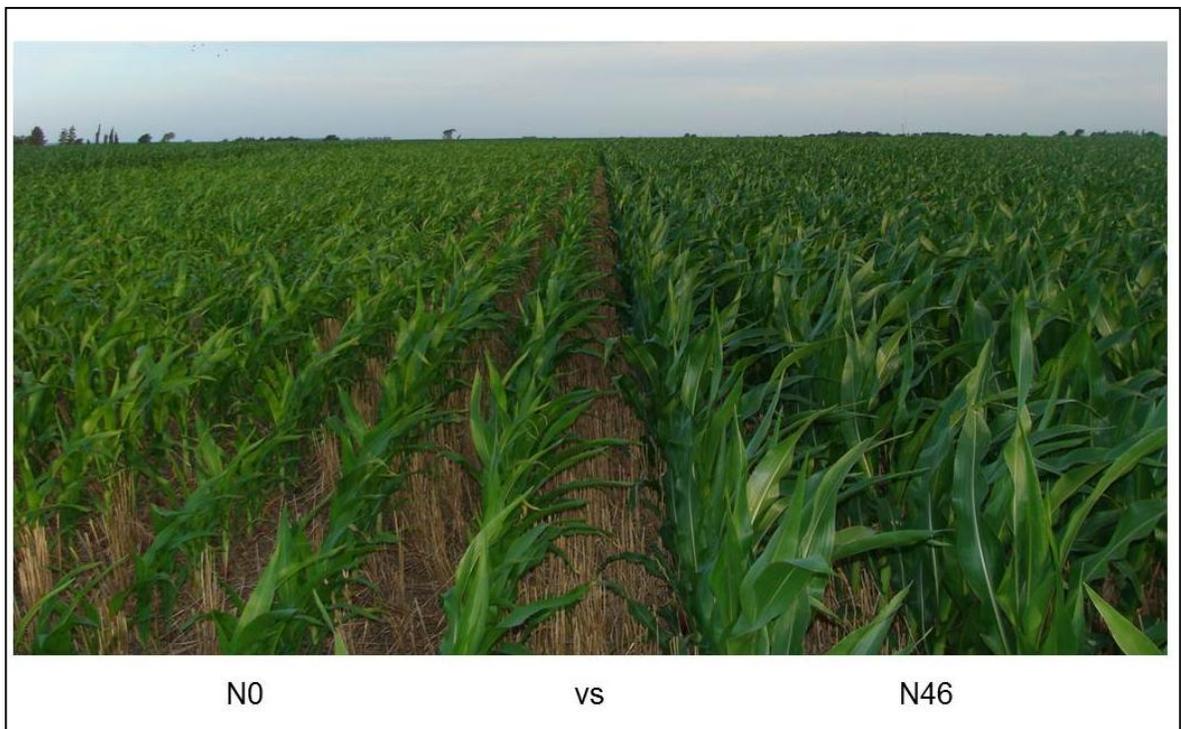


Figura N° 15 Ensayo de maíz con distintos niveles de fertilización, en estado más avanzado. N0: 0 kg de urea/ha; N46: 100 kg de urea/ha.

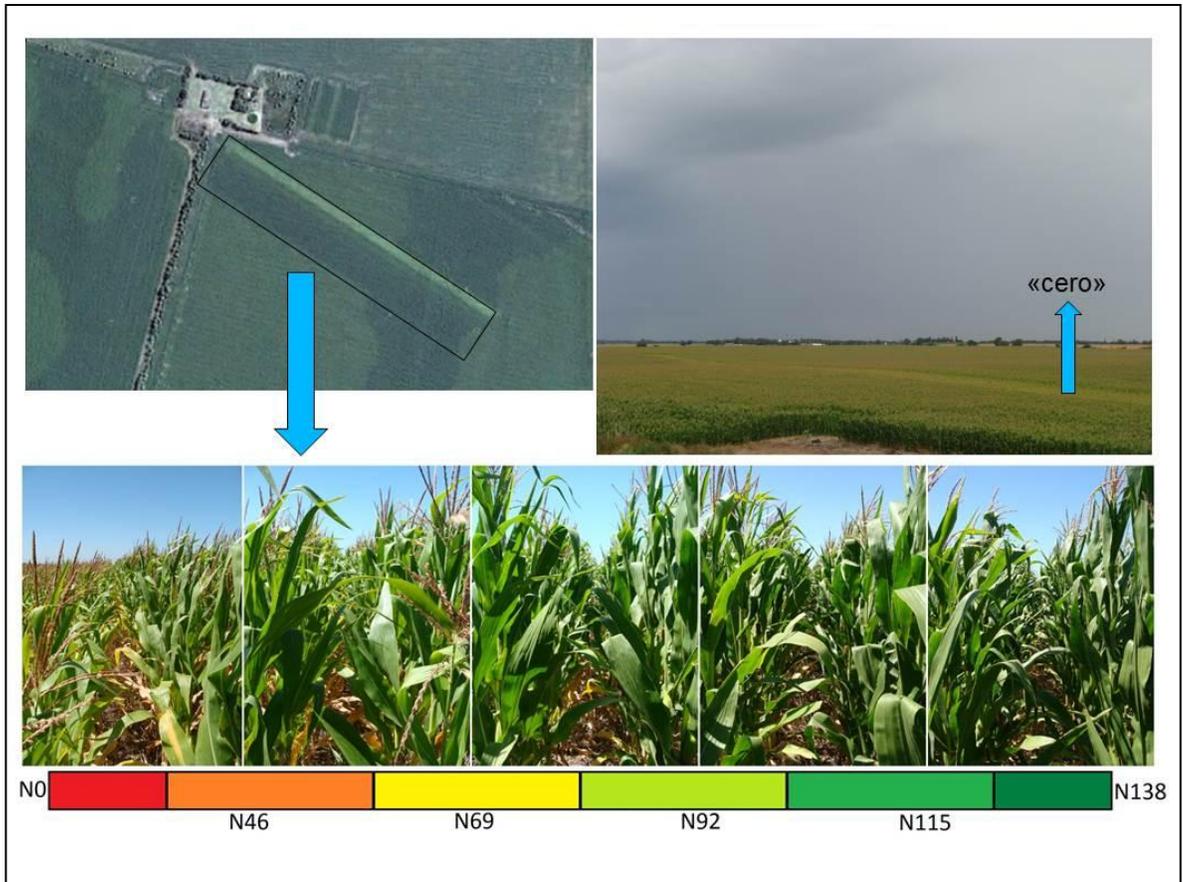


Figura Nº 16 Ensayo de maíz sobre el cultivo antecesor trigo con diferentes niveles de fertilización. N0:0kg de urea/ha; N46:100kg de urea/ha; N69: 150kg de urea/ha; N92: 200kg de urea/ha; N115:250kg de urea/ha; N138: 300kg de urea/ha.

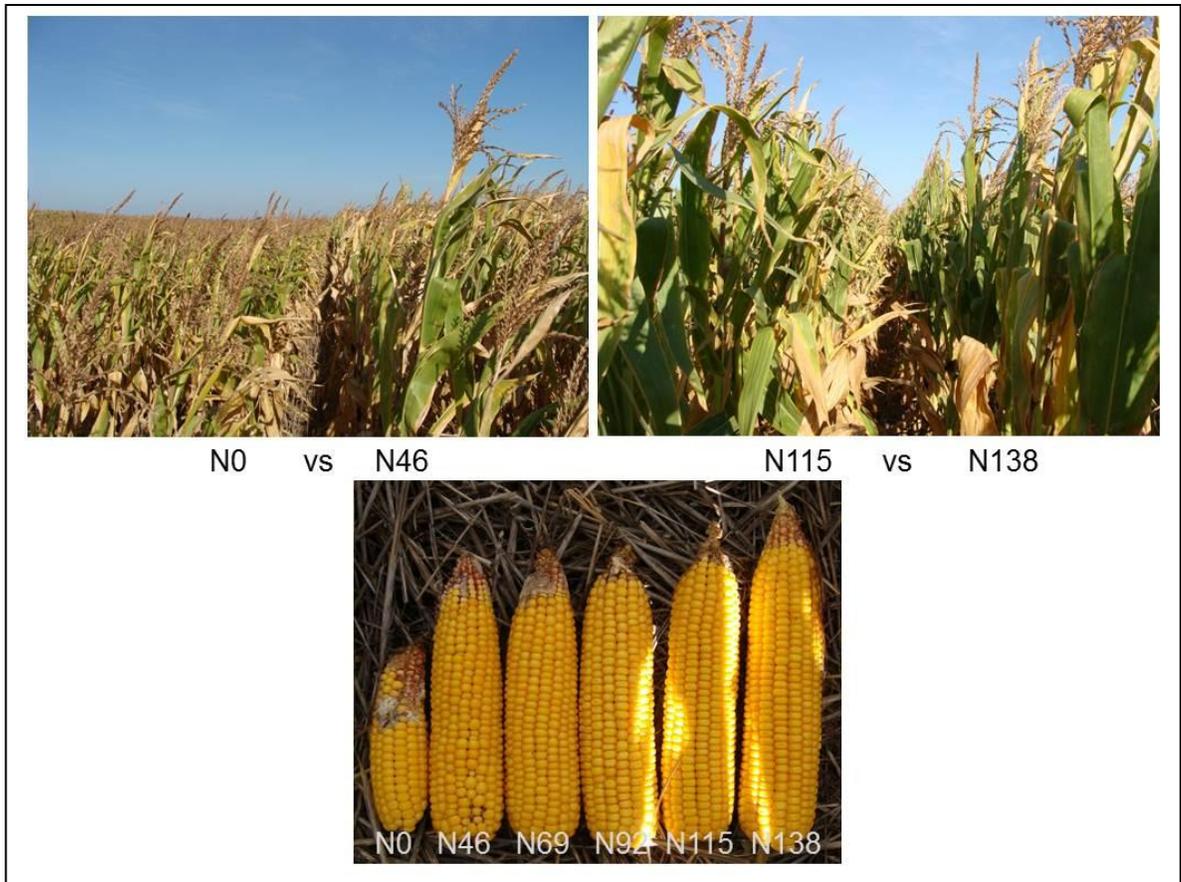


Figura N° 17 Ensayo de maíz antecesor trigo con distintas dosis de fertilización. Detalle de las espigas obtenidas en cada tratamiento. N0:0kg de urea/ha; N46:100kg de urea/ha; N69: 150kg de urea/ha; N92: 200kg de urea/ha; N115:250kg de urea/ha; N138: 300kg de urea/ha.



Figura N° 18 Detalle de las espigas obtenidas para cada dosis de fertilización. N0:0kg de urea/ha; N46:100kg de urea/ha; N69: 150kg de urea/ha; N92: 200kg de urea/ha; N115:250kg de urea/ha; N138: 300kg de urea/ha.

Al comparar respuesta de rendimiento vs diferentes dosis de urea en el cultivo de maíz con antecesor maíz se puede observar (figura N°19) que existen diferencias en los rendimientos obtenidos según diferentes dosis de nitrógeno. Al igual que en el ensayo de maíz con cultivo antecesor trigo, las respuestas siempre fueron positivas, es decir, a incrementos de disponibilidad de nitrógeno se produjeron incrementos en la producción de maíz.

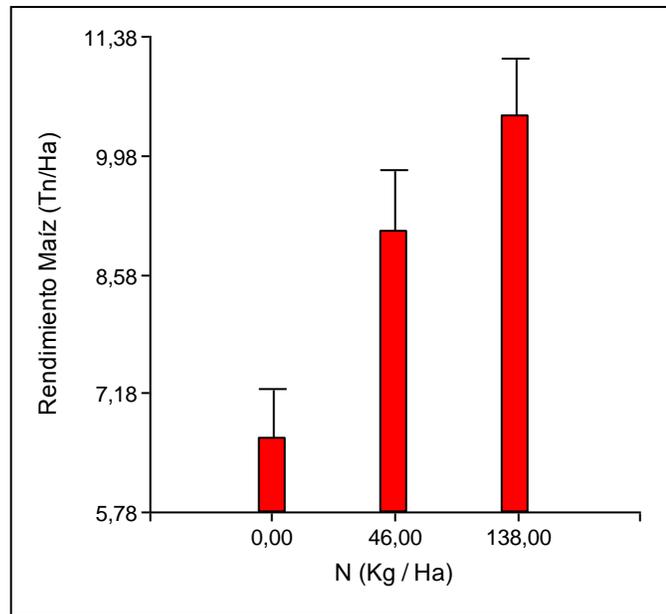


Figura N° 19 Rendimiento de maíz con antecesor maíz con distintos niveles de fertilización.

A partir del análisis de los gráficos podemos decir que independientemente del cultivo antecesor siempre hubo respuesta positiva al aumento de la oferta de nitrógeno, dándole importancia a la fertilización para aportar nitrógeno de urea, nutriente esencial para el crecimiento del cultivo y obtención de altos rendimientos, más allá del tiempo de barbecho, de la relación C/N de los residuos del cultivo antecesor que determina el balance inmovilización-mineralización de los requerimientos nutricionales e hídricos del cultivo antecesor, entre otros .

Cuando se comparan los rendimientos del testigo con antecesor maíz con el de antecesor trigo, el rendimiento del antecesor maíz fue un 1,8 veces mayor que el antecesor trigo, siendo el aporte de N por parte del suelo con antecesor maíz de 65 Kg de N más que con antecesor trigo.

Comparando antecesores se puede visualizar en la figura N° 20 que el maíz es mejor antecesor que trigo con respecto a la nutrición, ya que sin fertilizar se obtiene mayor rendimiento en maíz. Esto se puede inferir a través de los análisis de suelo (Tabla N° 1) donde vemos que en donde hay maíz como antecesor hay más disponibilidad de N de nitratos en el suelo, generándose un ambiente nutritivamente más favorable para el crecimiento y producción del cultivo.

La mayor disponibilidad al momento de la siembra de nitrógeno en forma de nitrato en el suelo se da principalmente por dos factores: la relación C/N y el periodo de barbecho. A partir de varias investigaciones se llegó a la conclusión de que la calidad de los residuos (C: N) es un factor de suma importancia en la regulación de la disponibilidad de N (Echeverría *et al.*, 1992; Debaeke *et al.*, 1996; Lázaro, 1996; Studdert *et al.*, 2000), dada su intervención en el ciclo entre

la inmovilización y la mineralización netas. El rastrojo de maíz presenta una relación C:N de 60 (Andrade *et al.*, 1996), y los residuos de trigo presentan una relación C:N de 80 y, por lo general, gran volumen (Echeverría *et al.*, 1992), lo que genera una mayor inmovilización de N mineral por un período prolongado en el caso con el cultivo antecesor trigo (Sánchez *et al.*, 1998) El otro factor que influye sobre la dinámica del N es la duración del período de barbecho (Berardo, 1994). Barbechos más largos, como el caso del cultivo antecesor maíz, permiten un mayor período de descomposición de los residuos. Los dos factores mencionados influyen de manera significativa para que la disponibilidad inicial de nitrógeno sea mayor en el caso del cultivo antecesor maíz que trigo, y así obtener mayores rindes en casos de testigo con cero fertilización.

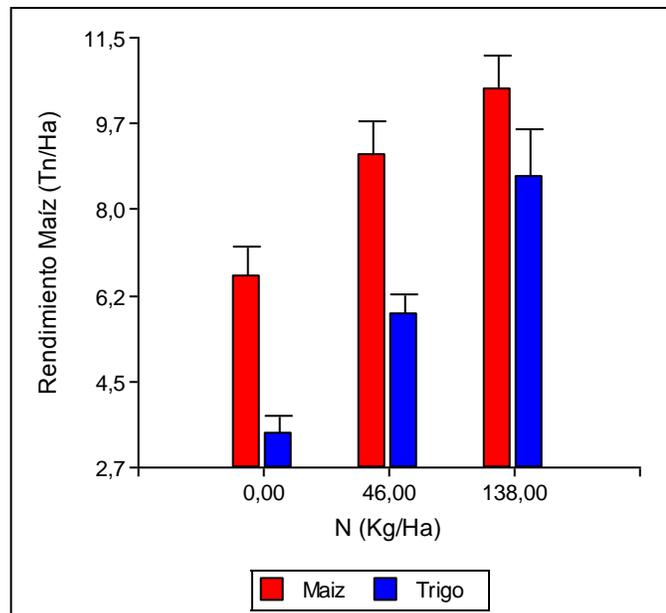
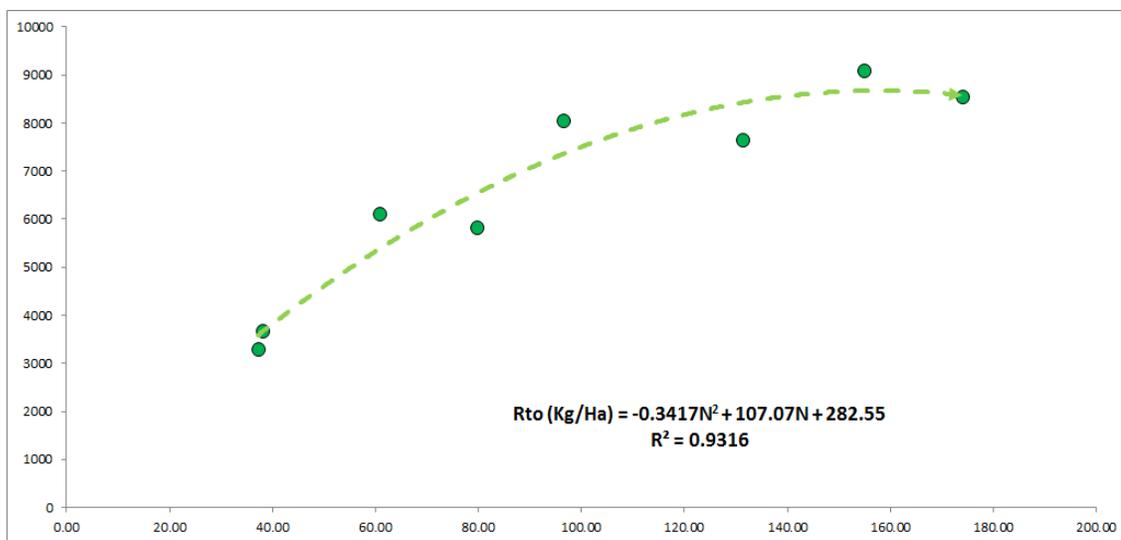


Figura N°20 Gráfico de comparación de rendimientos con distintos cultivos antecesores y con distintos niveles de fertilización.

Los resultados de este estudio mostraron respuestas al agregado de N en maíces sembrados sobre trigo de cosecha, lo cual es explicado fundamentalmente por los bajos contenidos de N del suelo a la siembra del cultivo (Barroco *et al.*, 2014).



Rto (Kg/Ha) vs Balance de N (Kg/Ha)

Figura N° 21 Gráfico de Curva de Calibración de N en Maíz antecesor Trigo - Rio IV – Campaña 12/13.

### **NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)**

En el ensayo el NDVI presentó, en forma general, mayores valores para las franjas con mayor fertilización de nitrógeno, lo cual era esperable debido a que el instrumento mide el índice de verdor y este está directamente relacionado a la disponibilidad de nitrógeno. Para que estos resultados puedan ser válidos ante la toma de una decisión se deberían tener en cuenta otros factores como índice de estrés, estado fisiológico, toma al azar de las mediciones, entre otros, que influyen en el valor final. Por otro lado, y para este ensayo en particular, el número de muestreo no es representativo del total de la población.

## CONCLUSIONES

- La disponibilidad de nitratos a la siembra para el cultivo del maíz es mayor con cultivo antecesor Maíz en comparación al cultivo antecesor trigo.
- La fertilización nitrogenada en maíz aumenta en forma significativa, el rendimiento independientemente del cultivo antecesor y de la densidad de siembra.
- Es necesaria la recolección y análisis de datos para las posteriores tomas de decisiones.
- La investigación de tipo científica requiere de mucho compromiso y resulta muy difícil establecer la culminación concluyente de la misma para solo una particular campana.
- Esta práctica profesional permitió la integración en el medio profesional y laboral, adquiriendo conocimientos complementarios de manejo empresarial y experiencia en relaciones interpersonales con todos los agentes involucrados.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AAPRESID, 2011 Red de evaluación de maíz en siembras tardías. Zona núcleo pampeana. Campaña 2010-11. 24 p.

ALBRECHT, J.; H. FONTANETTO; G. MEROLÍ; M. SILLÓN; P. RUFFINO y S. GAMBAUDO. 2013. Efecto de diferentes cultivos antecesores invernales sobre el comportamiento del maíz y de la soja de segunda. <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-diferentes-cultivos-antecesores-invernales-sobre-el-comportamiento-del-maiz-y-de-la-soja-de-segunda-2010-2011>. Consultado: 20/05/2013.

ANDRADE, F.; A. CIRILO; S. UHART y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. 1<sup>ra</sup> ed. Ed. La Barrosa, Balcarce, Buenos Aires. 121p.

ANDRIANI, J.M y F. SALVAGLIOTTI. 2000. Consumo de agua de un cultivo de maíz con diferente nivel nutricional de nitrógeno y azufre. Maíz – Para mejorar la Producción N° 14 – Campaña 1999/2000. EEA Oliveros, Sta. Fé.

BARROCO, M.; P. GIRÓN; A. LARDONE y W. MIRANDA. 2014. Nutrición nitrogenada en maíces tardíos sobre diferentes antecesores. EEA INTA General Villegas. [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_mt2014\\_barraco\\_nutricion\\_nitrogenada.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_mt2014_barraco_nutricion_nitrogenada.pdf). Consultado: 03/06/2015.

BENZI, P.; M. BOXLER y C. LÜSCHER. 2008. Fertilización nitrogenada y azufrada en maíz de segunda sobre trigo. Informe de Actualización Técnica N° 9. EEA INTA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

BERARDO, A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo de trigo en el área de influencia de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Boletín Técnico N° 128. 34 p.

BRAGACHINI, M.; A. von MARTINI y A. MENDEZ. 2003. Agricultura de Precision Siembra Variable con Geoposicionamiento Satelital.

BONADEO, E.; I. MORENO; M. BONGIOVANNI; R. MARZARI; M. J. GANUM GORRIZ e I. BERNARDO. 2011. Sistema suelo- planta. 192 p.

DEBAEKE, PH.; TH. AUSSÉNAC; J.L. FABRE; A. HILAIRE; B. PUJOL & L. THURIES. 1996. Grain nitrogen content of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) as related to crop management and to the previous crop. *European J. Agron.*

DEKALB. 2010. Boletín técnico Dekalb n° 14 Maíz Tardío y de Segunda. En: [http://www.lcagro.com.ar/upload/pdfs/3\\_BOLETIN\\_MAIZ\\_TARDIO\\_004\[1\].pdf](http://www.lcagro.com.ar/upload/pdfs/3_BOLETIN_MAIZ_TARDIO_004[1].pdf). Consultado: 25/08/2013.

DIAZ-ZORITA, M. y R. MELGAR. 1997. La fertilización de cultivos y pasturas. 1ra edición. Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina.

DI RIENZO J.A.; F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar> Consultado: 15/05/2015.

DUGGAN, M. 2002. Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz. Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino  
<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>. Consultado: 03/06/2015.

ECHEVERRÍA, HE; C.A. NAVARRO & F.H. ANDRADE. 1992. Nitrogen nutrition of wheat following different crops. *J. Agric. Sci. Camb.* 163p.

FERRARIS, G.N.; L.A. COURETOT; M. TORIBIO Y R. FALCONI. 2009. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos. 1 Área Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino, 2 Profertil S.A., 3 El Ceibo Cereales S.A. *Informaciones Agronómicas* N° 45 30p.

FERRARIS G.N. y L.A. COURETOT. 2014. Elección de ambientes, rendimiento y fertilización de maíz según fecha de siembra INTA EEA Pergamino.

FORJÁN, H. y L. MANSO. 2011. Los cereales de invierno en la secuencia de cultivos. Su aporte a la sustentabilidad del sistema de producción. <http://rian.inta.gov.ar/Boletines/Articulos/Documentos/Cerealesdeinviernoenlasecueniadecultivos.pdf>. Consultado: 06/05/2013.

INMAN, D; R. KHOSLA; T. MAYFI ED. 2005. On the go active remote sensing for efficient crop nitrogen management. *Sensor Review.* 214p.

INTA MANFREDI, 2003. Recursos Naturales de la provincia de Córdoba. Los Suelos. Nivel de reconocimiento = escala 1:500000. Agencia Córdoba D.A.C. y T.S.E.M. Dirección de ambiente. BR copias, Nueva Córdoba, Córdoba, Argentina.

KEENEY D.R. & D.W. NELSON. 1982. Nitrogen, en *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological properties*, Agronomy monographs, no. 9, second edition, ASA.SSSA., 693p.

LAN, Y; H. ZHANG; R. LACEY; W.C. HOFFMANN; W. WU. 2009. Development of an integrated sensor and instrumentation system for measuring crop conditions. *Agricultural Engineering International. The CIGR E-Journal*. 16p.

LÁZARO, L. 1996. Determinación del rendimiento de trigo ante cambios en la disponibilidad de nitrógeno generada por distintos antecesores. Tesis Magister Scientiae en Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires. 41p.

MADDONNI, G.A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina-a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology*

NELSON, D. & L. SOMMERS. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Page, A.; Miller, R. and Keeney, D. (eds). Agronomy Monograph N° 9. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America. Segunda edición. Wisconsin. USA. 539p.

OTEGUI, M.E.; J. MERCAU y F. MENÉNDEZ. 2002. Estrategias de manejo para la producción de maíz tardío y de segunda. En *Guía Dekalb del cultivo de maíz*, Ed. Satorre, Dekalb. 293p.

PROFERTIL. Rotación de cultivos – camino a la sustentabilidad. En: [http://www.profertilnutrientes.com.ar/noticias\\_datos.php?id=108](http://www.profertilnutrientes.com.ar/noticias_datos.php?id=108) Consultado: 25/08/2013.

SÁNCHEZ, SR; G.A. STUDDERT & H.E. ECHEVERRÍA. 1998. Dinámica de la mineralización del nitrógeno de residuos de cosecha en descomposición en un Argiudol Típico. *Ciencia del Suelo*. 16p.

SELLERS, P.J. 1985. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. *International Journal of Remote Sensing* 1372.

SKYE. 2005. Instruments Ltd. Light. Application notes. Sensors for NDVI calculations. 4 p.

SOLARI, F; J. SHANAHAN; R. FERGUSON; J. SCHEPERS y A. GITELSON. 2008. Active sensor reflectance measurements of corn nitrogen status and yield potential. *Agronomy Journal* 579p.

STUDDERT, G.A.; L.S. CARABACA Y H.E. ECHEVERRÍA. 2000. Estimación del nitrógeno mineralizado para un cultivo de trigo en distintas secuencias de cultivos. *Ciencia del Suelo* 27p.

UHART, S.A; H.E. ECHEVERRIA. 2012. El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz: Diagnóstico de la fertilización Nitrogenada y fosforada. Morgan - Mycogen; INTA-FCA Balcarce.

[http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh\\_0032/0901b8038003272b.pdf?filepath=ar/pdfs/noreg/013-53003.pdf&fromPage=GetDocS](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0032/0901b8038003272b.pdf?filepath=ar/pdfs/noreg/013-53003.pdf&fromPage=GetDocS). Consultado: 06/06/2015.

VERHULST, N; B. GOVAERTS; K.D. SAYRE; J. DECKERS; I.M. FRANCOIS & L. DENDOOVEN. 2009. Using NDVI and soil quality analysis to assess influence of agronomic management on within-plot spatial variability and factors limiting production. *Plant & Soil* 317p.

VILLAR, J.; J.R. PECORARI; J. ROSTAGNO; N. PEIRONE; R. ALBRETCH y F. CALCHA. 2001. Fertilización nitrogenada en maíz: efecto de la oferta de nitrógeno edáfico y del estado nutricional de las plantas sobre los rendimientos de grano. INTA Rafaela. [http://rafaela.inta.gov.ar/productores97\\_98/p146.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p146.htm). Consultado: 23/07/2015.

WALKLEY, A. & I.A. BLACK. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*38p.

## ANEXO

### Medidas resumen: Rendimiento de Maíz según Antecesor

Antecesor	N	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Maiz	0,00	Rinde	21	6,63	0,60	9,08	5,70	7,55
Maiz	46,00	Rinde	52	9,08	0,72	7,94	7,84	10,96
Maiz	138,00	Rinde	20	10,43	0,69	6,62	9,25	11,53
Trigo	0,00	Rinde	86	3,41	0,36	10,70	2,71	4,36
Trigo	46,00	Rinde	180	5,84	0,41	6,98	4,16	6,88
Trigo	138,00	Rinde	143	8,67	0,98	11,31	6,19	10,92

### Medidas resumen: Rendimiento de Maíz antecesor Maíz

N	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
0,00	Rinde	21	6,63	0,60	9,08	5,70	7,55
46,00	Rinde	52	9,08	0,72	7,94	7,84	10,96
138,00	Rinde	20	10,43	0,69	6,62	9,25	11,53

### Medidas resumen: Rendimiento de Maíz antecesor Trigo

N	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
0	Rinde	86	3,41	0,36	10,70	2,71	4,36
46	Rinde	180	5,84	0,41	6,98	4,16	6,88
69	Rinde	102	7,19	0,49	6,84	6,30	8,84
92	Rinde	176	7,80	0,74	9,44	5,66	9,84
115	Rinde	137	8,51	0,65	7,65	5,66	10,51
138	Rinde	143	8,67	0,98	11,31	6,19	10,92

**NDVI****TRIGO/MAIZ****Densidad 61500 sem/Ha****Fecha****21/01****Estado V7**

<b>N(Kg/Ha)</b>	<b>NDVI 1</b>	<b>NDVI 2</b>	<b>NDVI 3</b>	<b>NDVI 4</b>	<b>NDVI 5</b>	<b>NDVI prom</b>	<b>NDVI individual</b>	<b>NDVI index</b>	<b>NDVI s/cero N</b>
<b>0</b>	0,55	0,41	0,48	0,56	0,53	0,506	0,48	95%	
<b>100</b>	0,71	0,7	0,62	0,74	0,73	0,7	0,83	119%	138%
<b>150</b>	0,71	0,64	0,72	0,71	0,73	0,702	0,76	108%	139%
<b>200</b>	0,71	0,66	0,73	0,69	0,64	0,686	0,78	114%	136%
<b>250</b>	0,64	0,68	0,72	0,66	0,68	0,676	0,72	107%	134%
<b>300</b>	0,68	0,73	0,72	0,67	0,66	0,692	0,78	113%	137%

**TRIGO/MAIZ****Densidad 71000 sem/Ha****Fecha****21/01****Estado V7**

<b>N(Kg/Ha)</b>	<b>NDVI 1</b>	<b>NDVI 2</b>	<b>NDVI 3</b>	<b>NDVI 4</b>	<b>NDVI 5</b>	<b>NDVI prom</b>	<b>NDVI individual</b>	<b>NDVI index</b>	<b>NDVI s/cero N</b>
<b>0</b>	0,61	0,63	0,69	0,56	0,56	0,61	0,65	107%	
<b>100</b>	0,76	0,69	0,76	0,71	0,78	0,74	0,77	104%	121%
<b>150</b>	0,71	0,79	0,72	0,72	0,71	0,73	0,85	116%	120%
<b>200</b>	0,68	0,72	0,71	0,77	0,78	0,732	0,8	109%	120%
<b>250</b>	0,74	0,68	0,71	0,77	0,78	0,736	0,83	113%	121%
<b>300</b>	0,69	0,77	0,71	0,71	0,75	0,726	0,78	107%	119%

MAIZ/MAIZ

Densidad 71000 sem/Ha

Fecha

21/01

Estado V7

<b>N(Kg/Ha)</b>	<b>NDVI 1</b>	<b>NDVI 2</b>	<b>NDVI 3</b>	<b>NDVI 4</b>	<b>NDVI 5</b>	<b>NDVI prom</b>	<b>NDVI individual</b>	<b>NDVI index</b>	<b>NDVI INDEX</b>
<b>46</b>	0,59	0,51	0,5	0,57	0,52	0,538	0,76	141%	
<b>0</b>	0,42	0,45	0,36	0,47	0,36	0,412	0,61	148%	77%
<b>46</b>	0,58	0,47	0,46	0,56	0,57	0,528	0,76	144%	
<b>140</b>	0,62	0,61	0,62	0,66	0,63	0,628	0,81	129%	110%
<b>46</b>	0,6	0,6	0,68	0,64	0,57	0,618	0,69	112%	
<b>0</b>	0,65	0,53	0,55	0,6	0,66	0,598	0,59	99%	99%
<b>46</b>	0,59	0,54	0,66	0,58	0,59	0,592	0,72	122%	
<b>140</b>	0,61	0,61	0,65	0,63	0,62	0,624	0,81	130%	104%
<b>46</b>	0,57	0,66	0,65	0,61	0,57	0,612	0,65	106%	