



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Tesina presentada para obtener el grado académico de  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA  
PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y ECONÓMICA DEL AGUA EN MAÍZ.

CASALE LUISINA LUJÁN

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2015

## **Prefacio**

Esta tesina está presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa, y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la EEA INTA Anguil, bajo la dirección del Dr. QUIROGA, Alberto Raul y bajo la co-dirección de la MSc. AIMAR, Silvia.

**DEDICATORIA**

*A Agustín Casale,  
mi querido abuelo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los que hicieron posible la realización de esta tesis y carrera:

- A la Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Facultad de Agronomía
- A la EEA INTA Anguil
- A mi director, Alberto Quiroga y a mi co directora, Silvia Aimar, por su predisposición, paciencia y afecto y por sus correcciones.
- A técnicos y ayudantes de la Facultad de Agronomía y de la EEA INTA Anguil
- Al jurado de esta tesis
- A mis padres, por darme “alas y raíces”, por sus consejos y por apoyarme en cada decisión
- A mi hermana, por abrazarme en cada momento a pesar de la distancia
- A mis abuelos Negra y Agustín por todos estos años de apoyo y aliento, por su gran amor
- A mis compañeros de facultad, quienes muchos hoy son mis grandes amigos y quienes hicieron que este camino sea imborrable. Gracias Anita, Anto y Maca por su incondicionalidad
- A mis amigos de toda la vida por ser mi sostén en cada momento. Gracias Flavia, Nano, Geor y Fiore.

## **INDICE**

<b>Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
Objetivos.....	7
Hipótesis.....	7
<b>Metodología</b> .....	<b>8</b>
Descripción del área.....	8
Metodologías de trabajo.....	9
Diseño experimental.....	10
Evaluación de propiedades edáficas.....	11
Evaluación del cultivo.....	13
Análisis estadístico.....	14
<b>Resultados y Discusión</b> .....	<b>15</b>
Dinámica del agua.....	15
Uso consuntivo.....	18
Rendimiento.....	18
Rendimiento de grano.....	21
Eficiencia en el uso y productividad económica del agua.....	24
<b>Conclusiones</b> .....	<b>27</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>29</b>
<b>Anexo</b> .....	<b>34</b>

## **Resumen**

La demanda mundial de alimentos y energía se incrementa rápidamente y continuará haciéndolo con el crecimiento de la población. La Región Semiárida Pampeana no ha sido ajena a la expansión agrícola en los últimos años, lo que implicó un aumento de la superficie de cultivos de cosecha. Climáticamente, esta región presenta limitaciones hídricas para los cultivos, dadas principalmente por la distribución irregular de las precipitaciones. En estas condiciones la disponibilidad de nutrientes y la densidad de plantas pueden condicionar una baja eficiencia de uso del agua y productividad económica del agua. En base a lo expuesto se planteó como objetivo de trabajo: evaluar los efectos de la fertilización y densidad de plantas, sobre la producción de maíz en un suelo Entisol de la Región Semiárida Pampeana. En un diseño de bloques al azar, utilizando parcelas de 50m<sup>2</sup> con cuatro repeticiones, se establecieron los siguientes tratamientos: testigo sin fertilizar (T), fertilización (F: 80 Kg N), baja densidad (bd: 40.000 plantas/ha) y alta densidad (ad: 60.000 plantas/ha). Los resultados muestran que la densidad de plantas y la fertilización condicionaron significativamente los rendimientos, sin mostrar diferencias en los usos consuntivos, afectando así la eficiencia de uso del agua.

El tratamiento bdF fue el que mostró los mayores rindes (4960 kg/ha), la mayor eficiencia de uso del agua (12,2 kg/ha.mm) y productividad económica del agua (12,77 \$/ha.mm) mientras que en el tratamiento adT se registraron los rendimientos más bajos (690 kg/ha), la menor eficiencia (3,4 kg/ha.mm) y productividad económica del agua (1,65\$/ha.mm).

Por lo que se concluye que una adecuada densidad de plantas y el ajuste de la nutrición del cultivo en la RSP, permitiría incrementos significativos en la producción de granos por cada milímetro de agua disponible.

## **Summary**

The global demand of food and energy is increasing rapidly, and will continue doing with population growth. The Pampean Semiarid Region has not been immune to the agricultural expansion in recent years, which meant an increase in the cultivated area. Climatically, this region presents water limitations for crops due to mainly the uneven distribution of rainfall. In these conditions, nutrient availability and plant density can condition a low efficiency of use water and economic productivity of the water. On the basis of the foregoing was raised as an objective of work: to assess the effects of fertilization and plant density, on the production of corn in an Entisol of The Pampean Semiarid Region. In a randomized block design using plots of 50m<sup>2</sup> with four replications, were established the following treatments: control without fertilization (T), fertilization (F: 80 kg N), low density (bd: 40,000 plants/ha) and high density (ad: 60,000 plants/ha). The results show that density of plants and fertilization conditioned yields significantly, without significant differences in the consumptive uses, thereby affecting efficiency of use water.

bdF treatment was the one that showed the highest performing (4960 kg/ha), the largest efficiency of use water (12.2 kg/ha.mm) and economic productivity of the water (12,77 \$/ha.mm). On the other hand in the adT treatment were recorded the lowest yields (690 kg/ha), the lower efficiency of use water (3.4 kg/ha.mm) and economic productivity of the water (1,65\$/ha.mm).

Therefore, it is concluded that an appropriate density of plants and the adjustment of crop nutrition in The Pampean Semiarid Region, would allow significant increases in grain production per millimeter of water available.

## **Introducción**

La creciente escasez de agua, acelerada por el cambio climático, es una grave amenaza para la prosperidad económica y la diversidad ecológica en diferentes partes del mundo. Entre los factores abióticos, el estrés por déficit hídrico es considerado uno de los problemas más relevantes, tanto desde una perspectiva ecológica como agronómica. Respecto a los cultivos, aunque ha sido señalado que no siempre es el factor central, está claro que el déficit hídrico es el principal factor abiótico que limita la distribución geográfica y el rendimiento de la mayoría de los cultivos (Golberg et al., 2011a).

Uno de los principales desafíos que presenta la humanidad es producir suficiente cantidad de alimento para la población en aumento y con recursos hídricos cada vez más limitados. Las producciones agrícolas y ganaderas son las principales consumidoras de agua, representando más del 70% del agua utilizada. Es decir que una parte importante de la Huella Hídrica se produce “tranqueras adentro” de los sistemas de producción (Alí y Talukder, 2008).

El agua dulce es un bien escaso, la FAO ha demostrado que la tendencia indica que cada vez será más escasa, por lo tanto es imperativo una utilización eficiente de la misma. A este imperativo debe agregársele la necesidad de producir cada vez mayores volúmenes de alimentos, fibras, entre otros, para satisfacer un incremento demográfico de la población mundial que dista mucho de mostrar una tendencia a estabilizarse. Esta situación nos obliga a tener un buen conocimiento de cómo el agua interviene en el crecimiento y la producción de los cultivos y qué herramientas están a nuestro alcance para mejorar su gestión, aumentando la eficiencia de su utilización (Golberg et al., 2011b)

Mejorar la eficiencia de uso de agua (EUA) en la agricultura es un tema primordial para evitar la expansión del área agrícola hacia ecosistemas más frágiles (Wallace, 2000; Hatfield et al., 2001).

Frente a determinada disponibilidad hídrica, diferencias en la eficiencia de uso del agua por parte del cultivo pueden condicionar el rendimiento (Ritchie y Basso, 2008).

La identificación, jerarquización y categorización de los principales factores que condicionan la productividad física y económica del agua resultan prioritarios al momento de elaborar y articular estrategias de manejo del recurso a distintas escalas decisorias. La biodisponibilidad



de agua (agua útil, AU) y su eficiencia de uso no sólo es influenciada por las precipitaciones (climosecuencia), sino que también resulta dependiente de aspectos genéticos de los suelos determinantes, de la capacidad de retención de agua (CRA), del cultivo (ciclo, índice de cosecha), profundidad efectiva de raíces (PER) y del manejo (sistema de labranza, cultivo antecesor, barbecho, cobertura, fertilización). El régimen hídrico también puede ser influenciado por la presencia de la napa freática (profundidad, ascenso capilar, contenido y composición de sales) y por factores que condicionan la captación (infiltración, conductividad hidráulica) el almacenaje y la eficiencia de uso del agua (EUA) (Quiroga et al., 2013).

Varios autores señalan la necesidad de aumentar la *productividad económica del agua* (PEA), especialmente en estas áreas donde el recurso es escaso y hacia donde se expandirá la agricultura en los próximos años (Ali y Talukder, 2008; Aldaya et al., 2009; Molden et al., 2009).

La multiplicidad de factores que inciden sobre la EUA requiere de enfoques cada vez más sistémicos que disciplinarios (normalmente reduccionistas) y plantean la necesidad de una nueva agenda técnica y científica, orientada no solamente al conocimiento de factores que condicionan la productividad física (kg/mm) sino también aquellos que inciden sobre PEA (\$/mm) (Nielsen et al., 2005; Noellemeyer et al., 2013). Este último objetivo puede lograrse ya sea por un incremento en la *productividad física del agua* que lleve a producir más kg de grano/ha.mm como por la producción de cultivos de más elevado valor. Noellemeyer et al. (2013) encontraron que en los sistemas de producción de la RSP, las oleaginosas tienen EUA considerablemente inferiores a las gramíneas, pero cuando se tiene en cuenta su valor de mercado, la EUA por unidad de superficie se incrementa considerablemente hasta igualar a la de maíz, en el caso de girasol.

Un problema muy difícil que hay que enfrentar con cultivos que se realizan en regiones semiáridas es el control de la EUA por parte de la vegetación. La utilización de fertilizante puede ser un medio eficiente para lograr este fin, ya que con ello se puede obtener una mayor producción de materia seca por unidad de agua consumida pero, cuando la humedad es un factor frecuentemente limitante, es importante conocer las modalidades de su utilización (Fagioli, 1974).

Uno de los problemas de la agricultura de secano es el de determinar si existen intervalos de tiempo con humedad favorable en el ciclo de desarrollo, en los cuales el suelo no puede proporcionar nutrientes en cantidad suficiente para el crecimiento máximo. Si en estos

intervalos de tiempo los fertilizantes pueden aumentar la velocidad de asimilación neta o crecimiento sin gastar agua con mayor rapidez, entonces el rendimiento total y la EUA pueden ser aumentados (Viets, 1962).

En la mayor parte de la RSP, se comprueba que las precipitaciones durante el ciclo de los cultivos no cubren los requerimientos de uso consuntivo de los mismos por lo que la capacidad de retención de agua (CRA) y los contenidos de agua útil (AU) a la siembra poseen una significativa influencia en la productividad (Quiroga et al. 2012).

En ambientes de producción semiáridos y subhúmedos, predominantes en la región pampeana, la capacidad de almacenar agua en los suelos durante períodos sin presencia de cultivos (barbechos) permite atenuar los frecuentes desbalances hídricos que ocurren durante los ciclos de producción. El agua es uno de los factores del ambiente que más incide sobre la producción de los cultivos y es constante el desafío de conocer como el clima, los suelos y las interacciones entre su manejo y el de los cultivos afectan su oferta y uso. Por lo tanto, conocer y cuantificar la disponibilidad de agua de los suelos es un factor de relevancia para la mejor planificación de estrategias de producción de cultivos. Si bien todos los factores mencionados pueden ejercer algún grado de influencia sobre la producción de granos, el peso relativo de los mismos normalmente varía entre sitios con distintas características edafoclimáticas. Identificar los factores más importantes (a nivel de sitio) y establecer cierto orden jerárquico en los mismos resulta imprescindible para sentar las bases del manejo del agua y optimizar la producción (interacción genotipo-ambiente) (Quiroga et al., 2012).

El maíz junto al girasol y la soja, son los cultivos de cosecha gruesa que están incorporados a los sistemas mixtos dominantes de la RSP. El área sembrada de maíz en la Provincia de La Pampa es de 450.000 ha. De las cuales se destinan 150.000 ha a cosecha de grano (Lorda et al. 2003; Anuario 2009). En la región se observa, en general, una gran variabilidad en rendimiento con un rango de 2000 a 10000 kg/ha con un promedio de 5000 kg/ha en cultivos sin fertilizar. Los niveles de fertilidad y el manejo del agua del suelo son las principales causas de estas variaciones (Quiroga et al. 1997).

El cultivo de maíz se desarrolla en la RSP en la época primavera-estival. En meses de verano (Diciembre, Enero, Febrero), se producen déficit hídricos debido a las altas temperaturas y las mínimas precipitaciones que se registran. Este estrés hídrico repercute en el cultivo, ya que coincide el período crítico del mismo, afectando así, los procesos de generación y definición del rendimiento.

Los procesos de déficit se pueden atenuar realizando una adecuada (EUA), tanto en el barbecho como durante el ciclo del cultivo (Micucchi y Alvarez, 2004).

Otro factor preponderante en el cultivo de maíz es la disponibilidad de los nutrientes, de los cuales uno de gran requerimiento es el Nitrógeno (N). A mayor contenido de agua en el suelo, concentración de nutrientes en la solución, tasa de transpiración de la planta y temperatura del suelo y aire, mayor será la absorción de N por la planta (Uhart y Echeverría, 2000).

Los altos requerimientos de N de las plantas lo convierten en un factor limitante en todos los suelos del mundo. Los suelos de la RSP se caracterizan por su bajo contenido de N. El avance de la agricultura y los procesos de degradación, originados por el excesivo laboreo del suelo acentúan esta deficiencia, dado que los primeros centímetros del suelo son los más fértiles (Bono y Romano, 2007a).

En cultivos de cosecha la fertilización incrementa el rendimiento y el porcentaje de proteína en grano, con una mayor EUA (Bono y Romano, 2007b).

En el caso de la fertilización nitrogenada, se busca obtener el máximo retorno económico por la aplicación de fertilizante, por lo que aplicaciones excesivas de este nutriente no son deseables desde el punto de vista económico y ambiental (Barraco y Diaz Zorita, 2005).

Otro componente relevante para el cultivo de maíz, es la densidad de siembra. La elección de la densidad de plantas es clave para optimizar la productividad de los sistemas agrícolas, en especial cuando la disponibilidad hídrica es escasa para un buen desarrollo de los cultivos. La densidad óptima para lograr máximos rendimientos es la mínima densidad que permite lograr coberturas adecuadas para interceptar el máximo de radiación incidente durante los períodos críticos en que se determina el rendimiento (Andrade y Sadras, 2000).

En maíz se pueden identificar 3 situaciones de distinta oferta de recursos, donde la densidad óptima es diferente. En condiciones de buena oferta ambiental, la densidad óptima es cercana a 80.000 PL/Ha, disminuciones en la densidad provocan mermas de rendimiento. En situaciones de oferta media, densidades entre 55.000 y 80.000 pl/ha no producen cambios significativos en el rendimiento, mientras que en situaciones de baja oferta ambiental, el incremento de densidad por encima de 50.000 pl/ha provocó disminución de rendimiento (Andrade et al, 1996b).

En ambientes sin restricciones de agua y nitrógeno, los mayores rendimientos de maíz se obtienen con altas densidades, logrando una buena cobertura y un alto número de granos

fijados. Por otra parte, en ambientes de recursos limitantes, la tasa de crecimiento de la planta en floración es baja, lo cual produce que una alta proporción de individuos dentro del cultivo sufra aborto de espigas y de granos, afectando el rendimiento. Este inconveniente se puede resolver, usando una menor densidad de plantas que aumente la disponibilidad de recursos por individuo y por lo tanto, el número de granos fijados (Andrada y Parramón, 2013).

**Hipotesis:** La densidad de siembra y disponibilidad de N serían factores que condicionarían de manera significativa el rendimiento del cultivo y su EUA. Se infiere que ante una menor densidad de plantas y con aporte de N por fertilización podría alcanzarse una mayor EUA para la producción de grano.

**Objetivo:** Evaluar los efectos de la fertilización y la densidad de plantas, sobre la producción de maíz en un suelo Entisol de la RSP.

## **Materiales y Métodos**

### ***Descripción del área:***

El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental INTA Anguil “Guillermo Covas” (Fig. 1), sobre un suelo Ustipsament típico de la unidad cartográfica: Planicie Medanosa Ondulada, ubicada en la Subregión de las Planicies Medanosas – Región Oriental. La precipitación media anual para esta región es de 733,4 mm para el periodo 1961-2012 (Tabla 1), siendo la distribución estacional 36.5% verano, 26% otoño, 9% invierno y 28.5% primavera.

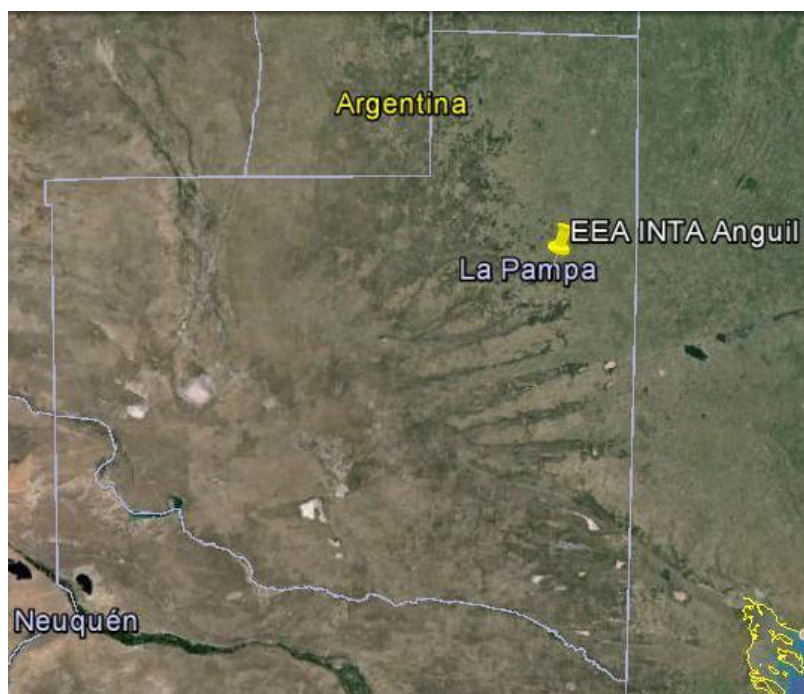


Figura 1. Ubicación geográfica EEA INTA Anguil

Tabla 1. Distribución de precipitaciones desde Octubre hasta Abril (2013-2014) y distribución promedio histórica (1961-2012). EEA INTA Anguil.

	Meses						
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Precipitaciones 2013 – 2014 (mm)	84	43	67	30	124	97	171
Promedio precipitaciones 1961 – 2012 (mm)	55	60	65	100	60	110	53

Los suelos de esta unidad integran una asociación. Tienen poca evolución genética, presentando un sencillo perfil del tipo A – AC – C. El estrato superficial (capa arable) tiene buen espesor, con medio a bajo contenido de materia orgánica y presenta regímenes de humedad ústico, de temperatura térmica y su clase por tamaño de partícula es arenoso franco a franco arenoso (Tabla 2) (Inventario Recursos Naturales, La Pampa, 1980).

Tabla 2. Características físico-químicas en los primeros 20 cm del suelo, donde se desarrolló el ensayo

P	Dap	MO Total	pH	Fracciones Texturales			Clase Textural
				Arena	Limo	Arcilla	
ppm	(g/cm <sup>3</sup> )	%					
38,54	1,25	1,23	6	77	14	8	arenoso franco

P: Fósforo, Dap: Densidad Aparente, MO: Materia Orgánica

Las limitaciones de estos suelos son las que derivan de la textura del material parental y el clima, o sea baja capacidad de retención de la humedad, sequías estacionales y erosión eólica desencadenada por el laboreo y excesivo pastoreo.

### ***Metodología de trabajo:***

Durante la campaña 2013, se seleccionó una superficie de 800m<sup>2</sup>, donde se sembró maíz (*Zea mays*), con un ciclo de 120 días a floración, con fecha de siembra 30/10/2013. La misma fue dividida en 16 parcelas (50 m<sup>2</sup> cada una) para los distintos tratamientos, en los cuales se debió realizar un raleo manual de plantas (15 días pasada la siembra), para obtener la densidad requerida por tratamiento: baja densidad (bd, 40000 pl/ha): 10 hileras de 20 plantas cada una por parcela; alta densidad (ad, 60000 pl/ha) 10 hileras de 30 plantas cada una por parcela. En ese mismo momento se efectuó la fertilización.

- Tratamientos:

Se realizaron teniendo en cuenta 2 variables: Fertilización y Densidad de plantas (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos

Fertilización Densidad	<b>T</b>	<b>F</b>
<b>bd</b>	bdT	bdF
<b>ad</b>	adT	adF

- ✓ bd: baja densidad: 40.000 plantas/ha
- ✓ ad: alta densidad: 60.000 plantas/ha
- ✓ F: Fertilización: 80 Kg N/ha (Urea 46%)
- ✓ T: Testigo: sin fertilizar

- Diseño experimental:

Los tratamientos fueron distribuidos en bloques al azar con 4 repeticiones, en parcelas de 50m<sup>2</sup> (5m x 10m) como unidad experimental, según el siguiente esquema (Tabla 4).

Tabla 4. Diseño de las parcelas (50m<sup>2</sup>) con sus respectivos tratamientos.

<b>bdF</b>	<b>adT</b>	<b>bdT</b>	<b>adF</b>
<b>adT</b>	<b>bdF</b>	<b>adF</b>	<b>bdT</b>
<b>adF</b>	<b>bdT</b>	<b>adT</b>	<b>bdF</b>
<b>bdT</b>	<b>adF</b>	<b>bdF</b>	<b>adT</b>

- Evaluación de propiedades edáficas:

Para caracterizar el suelo se obtuvieron tres muestras compuestas de los primeros 20 cm del suelo y se determinó:

**Materia orgánica:** La determinación cuantitativa de la materia orgánica se realizó mediante la determinación de carbono orgánico total del suelo (C). La misma involucró la conversión de todas las formas de C a CO<sub>2</sub>. En este caso se realizó mediante una técnica de oxidación húmeda. Así el C presente se oxidó con dicromato de potasio agregado en exceso y la cantidad de C se valoró indirectamente por la titulación con sal de Mohr del dicromato de K no reducido (Walkley y Black 1934).

**Textura:**

**Sedimentación: Método de la Pipeta de Robinson:** Su principio está basado en la ley de Stokes, es decir en la diferente velocidad de sedimentación de partículas de distinto diámetro, por lo que el análisis consistió en efectuar extracciones a profundidades y tiempos determinados.

Ley de Stokes:

$$V = \frac{2g (d_p - d_l) r^2}{9 \nu}$$

V= Velocidad de caída de una partícula (cm/seg).

r = Radio de la partícula esférica (cm)

d<sub>p</sub> = Densidad de la partícula (g/cm<sup>3</sup>)

d<sub>l</sub> = Densidad de líquido (g/cm<sup>3</sup>)

ν = Coeficiente de viscosidad del agua (poises o g/cm.: seg)

g = Aceleración de la gravedad (cm/seg)

**Fósforo (P):** se realizó a través del método Bray y Kurtz N° 1 (1945). Se efectuó una extracción con una solución mezcla de NH<sub>4</sub>F 0,03N y HCl 0,025N, que se basa en el efecto solubilizador del H<sup>+</sup> sobre el P del suelo y la capacidad del ión F<sup>-</sup> de bajar la actividad del Al<sup>+3</sup>, evitando la readsorción de los fosfatos en el sistema de extracción.

**pH:** determinación potenciométrica del pH actual (1:25).



En el perfil del suelo con intervalos de 20 cm y hasta una profundidad de 200 cm, se determinó:

**Densidad aparente:** a través del método del cilindro, el cual consistió en introducir cilindros de manera vertical en el perfil del suelo. Luego se secó la muestra en estufa a 105°C hasta peso constante y se obtuvo su valor de la siguiente manera:

$$D_{Ap} = \frac{M1-M2}{\text{volúmen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

D Ap: Densidad aparente (g cm<sup>-3</sup>)

M1: Peso de la muestra de suelo + cilindro (g)

M2: Peso cilindro (g)

**Humedad,** a través del método gravimétrico. Consistió en tomar muestras de suelo en las profundidades antes mencionadas, en distintos períodos 30/10/2013 (siembra), 18/12/2013, 3/2/2014 (momento de corte para silo) y 31/3/2014 (madurez fisiológica, cosecha grano). Las muestras se pesaron húmedas, se secaron en estufa a temperatura se 105° C hasta peso constante y se volvieron a pesar. La humedad se determinó mediante la siguiente forma:

$$HG[\%] = [(Msh - Mss) / (Mss - H)] \times 100$$

Msh: masa suelo húmedo

Mss: masa suelo seco

H: Tara tarro

**Capacidad de campo:** consistió en tomar la humedad del suelo de una muestra extraída en el campo tres días después de una lluvia importante. Se considera que luego de ser saturado el suelo, en tres días pierde el agua gravitacional y sólo es retenida la misma en los mesoporos (a 0,33 atm).

**Punto de marchitez permanente:** Se determinó mediante las membranas de Richard (Richard, 1965).

**Agua Útil:** se determinó a partir de la diferencia entre el contenido de humedad a capacidad de campo y el Punto de Marchitez Permanente (PMP).

Durante el período del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha, se registraron las precipitaciones. Las mismas fueron utilizadas para realizar cálculos del UC en los distintos tratamientos.

- Evaluación del cultivo:

Se tomaron muestras de cada parcela para determinar:

- ✓ Rendimiento de grano: el peso total del grano cosechado, se llevó a hectárea para determinar el rendimiento final de cada parcela.
- ✓ Componentes del rendimiento fueron determinados para cada parcela (peso de mil granos y número de granos), al igual que otras características del cultivo: Altura de la planta (desde el nivel del suelo hasta el extremo de la hoja superior), peso de la espiga, peso de la planta, inserción de la espiga (se determinó la altura desde el nivel del suelo hasta la inserción de la espiga). Para las distintas determinaciones se evaluaron 3 plantas/parcela elegidas al azar.
- ✓ Verdor: La intensidad de verdor fue determinada mediante un clorofilómetro SPAD Minolta, realizando 10 determinaciones en cada parcela.
- ✓ Temperatura de canopeo: (con sensor de temperatura). Se realizaron al azar a floración del cultivo, 3 lecturas por parcela.

El uso consuntivo de maíz (UC) en el ciclo, fue calculado como:

UC = Lluvias en el ciclo + agua útil (AU) a la siembra - AU al final del período.

La Eficiencia de Uso del Agua en grano (EUAg), fue calculada como:

$$EUAg = \frac{R}{UC}$$

EUAg: Eficiencia de Uso del Agua en grano (Kg/ha.mm)

R: Rendimiento del grano (kg/ha)

UC: Uso Consuntivo (mm)

Se determinó también la respuesta a la fertilización, a partir del incremento del rendimiento del tratamiento fertilizado respecto del testigo sin fertilizar; como así también la respuesta a la densidad de plantas.

La productividad económica del agua (PEA) fue calculada como:

$$\text{PEA (\$/ha.mm)} = \frac{\text{Margen Bruto (\$/ha)}}{\text{Uso Consuntivo (mm)}}$$

Margen Bruto (MB): teniendo en cuenta los Ingresos [Rendimiento Maíz (\$/tn)] y diferencias de Egresos [Semillas (densidad/ha) + Fertilizantes (kg/ha)] entre tratamientos.

Los precios utilizados para calcular la PEA y el MB fueron los correspondientes al mes de Octubre 2013 y Junio 2014. El valor del dólar para cada mes fue de \$5,80 y \$8,09 respectivamente.

- Análisis estadístico:

Los resultados se analizaron a través de análisis de varianza y test de comparación de medias a través del Test de Fisher LSD, ( $p < 0,05$ ) con la utilización del paquete estadístico infostat, versión 2014 (Di Renzo et al., 2014).

## **Resultados y Discusión**

### ***Dinámica de agua:***

La dinámica del agua en el suelo está influenciada no sólo por cambios físicos en el mismo debido a los tratamientos, sino también por el crecimiento y desarrollo de los cultivos, y las condiciones climáticas (Alvarez et al., 2012).

El maíz es una de las especies que tiene mayores requerimientos hídricos; se alcanzan consumos de 400 a 700 mm durante el ciclo dependiendo de las condiciones ecológicas (Andrade et al., 1996a).

Al analizar las precipitaciones durante el ciclo del cultivo, se comprobó que la campaña 2013-2014 se caracterizó por presentar menores precipitaciones en los meses de Noviembre, Enero y Marzo que el promedio histórico anual (Tabla 1). El 3 de febrero de 2014, se observó que la humedad en el perfil del suelo fue inferior a los valores de PMP hasta los 100 cm de profundidad aproximadamente (Fig.1. A,B,C,D). En consecuencia el agua resultó una limitante para el cultivo en la etapa de floración para todos los tratamientos.

Las diferencias entre tratamientos del agua almacenada en el perfil del suelo en los distintos momentos fenológicos (49 días, 96 días y 153 días luego de la siembra) resultaron no significativos ( $p=0,8$ ) (Tabla 5).

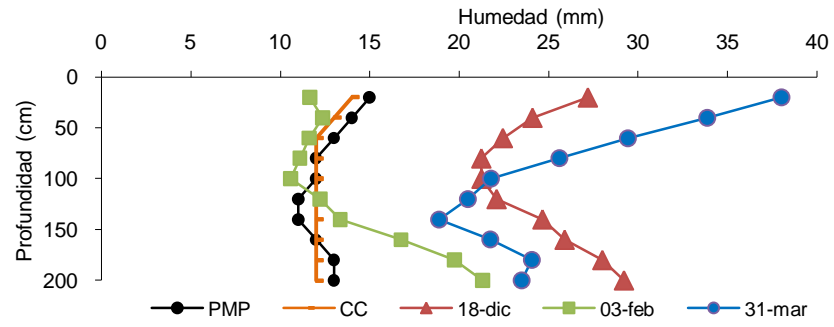
Durante el ciclo del cultivo la lámina de agua útil promedio almacenada en el perfil, resultó de 225 mm, 125 mm y 235 mm para evaluaciones realizadas el 18 de diciembre de 2013, 3 de febrero de 2014 y 31 de marzo de 2014, respectivamente.

La variación en el tiempo del agua almacenada, mostró un período de fuerte balance hídrico negativo entre Diciembre y Febrero, donde el agua útil almacenada en el suelo disminuyó de 225mm a 125 mm. De esta manera el agua almacenada en el perfil, en períodos previos a la siembra constituye un importante aporte al UC para un período en donde las precipitaciones fueron insuficientes (54,3 mm). Por el contrario entre Febrero y Marzo los perfiles se recargaron en aproximadamente 100 mm, indicando un período de balance hídrico positivo, donde las precipitaciones no sólo cubrieron los requerimientos de UC, sino que posibilitaron la recarga del perfil (Fig.2. A,B,C,D).

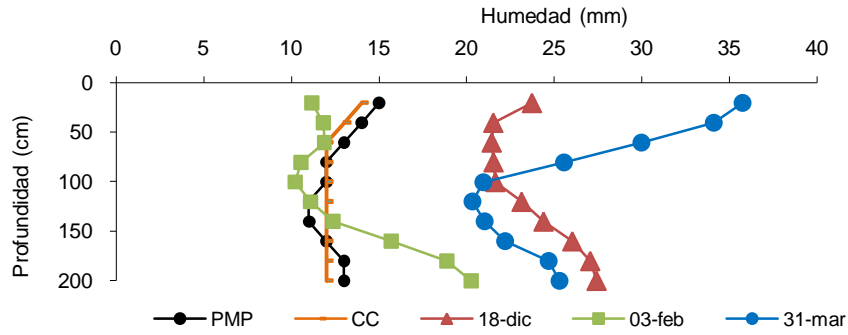
Tabla 5: Humedades en el perfil del suelo para todos los tratamientos (bdT, bdF, adT, adF) en distintas fechas de evaluación (18/12/2013, 03/02/2014, 31/03/2014), hasta una profundidad de 200 cm

Humedad (mm)								
18/12/2013			03/02/2014			31/03/2014		
Tratamiento	Media	n	Tratamiento	Media	n	Tratamiento	Media	n
bdT	233 a	4	bdT	133 a	4	bdT	239 a	4
bdF	240 a	4	bdF	140 a	4	bdF	251 a	4
adT	240 a	4	adT	141 a	4	adT	254 a	4
adF	243 a	4	adF	144 a	4	adF	257 a	4

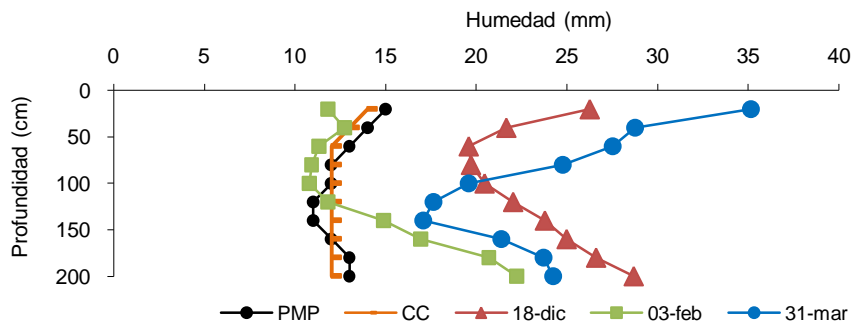
*Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. ( $p < 0,05$ ).*



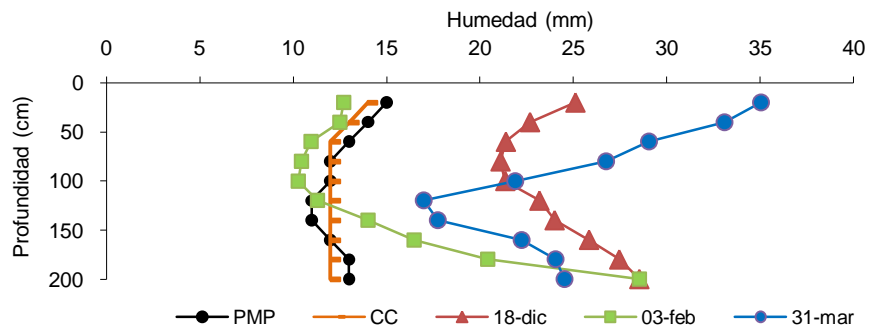
A



B



C



D

Figura 2: Humedad del suelo a capacidad de campo, punto de marchitez permanente y en 3 fechas del ciclo del cultivo (18/12/2013, 3/2/2014 y 31/3/2014) en los tratamientos: A) adT; B) adF; C) bdT; D) bdF.

### ***Uso Consuntivo:***

Estos resultados son coincidentes a los obtenidos por Proot et al. (2011). El análisis de los UC no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0,99$ ), lo que implica que tanto el aporte de nutrientes como las distintas densidades de plantas no incrementaron el consumo de agua. Sin embargo la eficiencia en el uso del agua vario significativamente entre tratamientos. (Fig. 3).

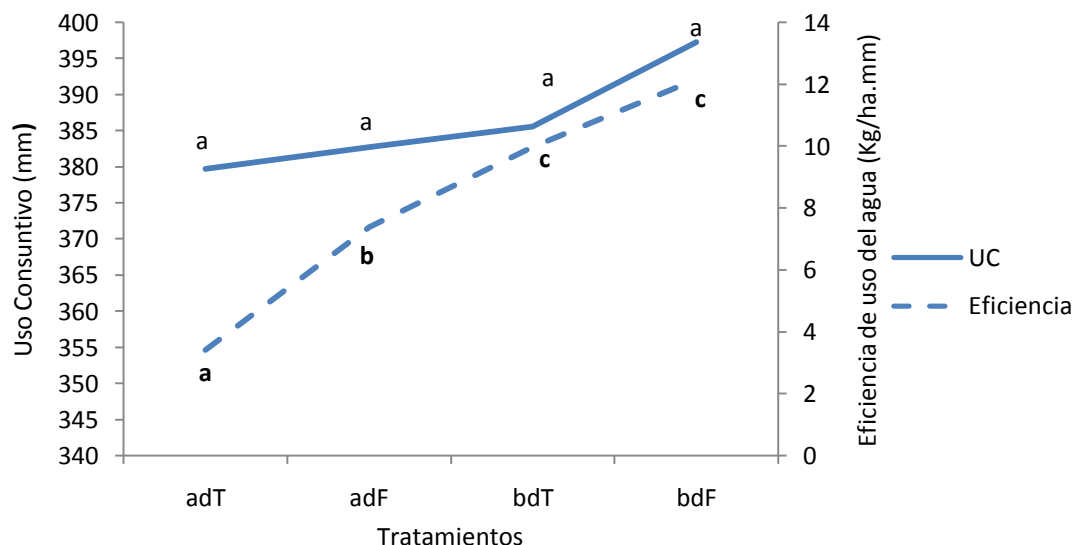


Figura 3. Respuesta al UC y EUA en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF).

### ***Rendimiento:***

Uno de los destinos del cultivo de maíz en la RSP es su uso como reserva forrajera (silo). Por ello se evaluó la influencia de los distintos tratamientos sobre el desarrollo de biomasa aérea (peso de la planta). Los resultados en este estudio muestran que las principales diferencias en biomasa estuvieron dadas entre los tratamientos fertilizados y no fertilizados ( $p<0,0001$ ), registrándose el mayor valor para el tratamiento bdF con una media de 834 g (Fig. 4). Por su parte el menor valor correspondió al tratamiento adT, con una media de 324 g. Estos resultados coinciden con estudios realizados por Prece et al. (2013) en el partido de Lincoln, Provincia de Buenos Aires, donde se hallaron diferencias en la producción de biomasa entre tratamientos fertilizados y no fertilizados. Los autores resaltaron que las mismas dependieron de la disponibilidad de agua.

Estos resultados indican que la nutrición afectó en mayor grado el crecimiento de la planta.

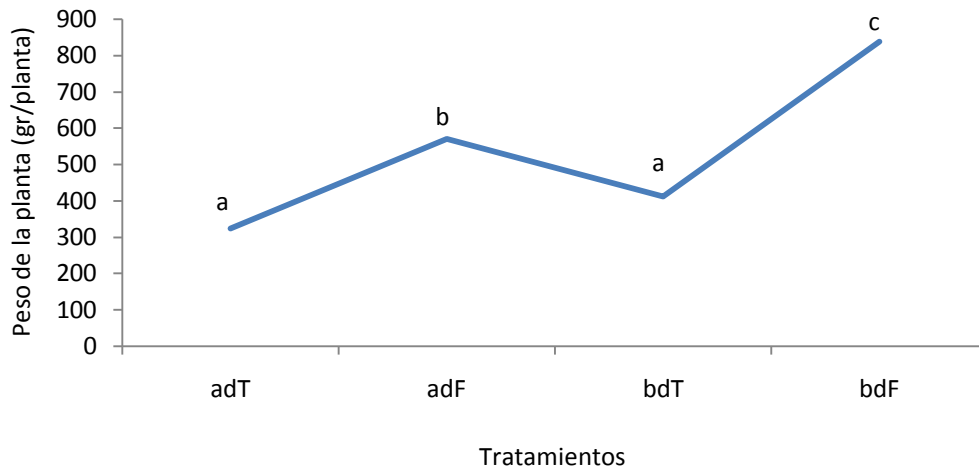


Figura 4. Peso promedio de la planta (g/planta) en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF)

Con respecto al parámetro altura, a partir de las mediciones obtenidas, se observó al igual que en los resultados alcanzados en peso de la planta, que las mayores diferencias se dieron entre los tratamientos con y sin aporte de nutriente ( $p < 0,0001$ ) (anexo Fig. 1), siendo mayor en los tratamientos fertilizados bdF y adF (Fig. 5). Estos resultados difieren de los alcanzados por Ferraris y Couretot (2008) donde no se encontraron diferencias significativas en la altura de las plantas entre tratamientos fertilizados y sin fertilizar en experiencias realizadas en Udoles de la Región Pampeana.

En cuanto a la densidad de plantas, existieron diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ), sólo en los tratamientos sin aporte de nutriente (adT y bdT).

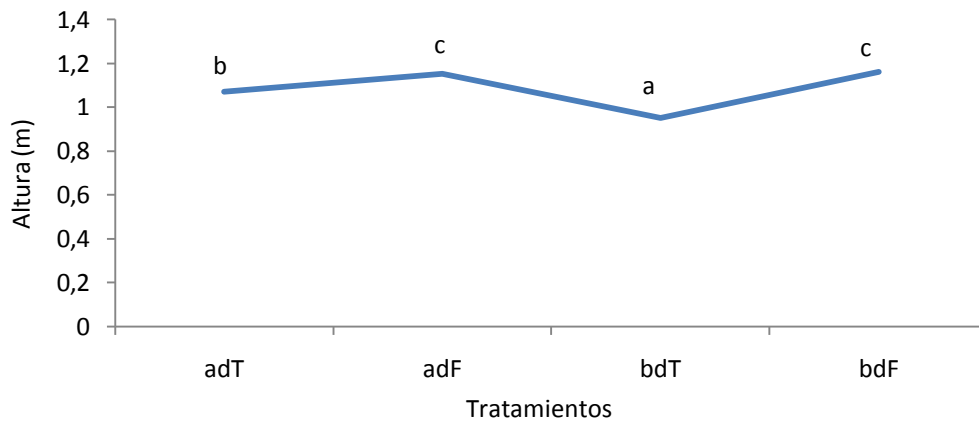


Figura 5. Altura promedio de la planta (m) en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF)



Con respecto a la altura de inserción de la espiga, el que mayores valores presentó fue el tratamiento bdF, con un valor de 0,72 m, sin registrarse diferencias significativas entre los restantes tratamientos (adT, adF y bdT) ( $p < 0,0009$ ) (Fig. 6).

Al evaluar los resultados obtenidos en peso de la espiga, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos fertilizados y sin fertilizar ( $p = 0,0003$ ) (Fig. 7) siendo el de bdF el que mayor valor registró (275,6 g). Además se observó un comportamiento diferente entre ambos tratamientos fertilizados (bdF y adF), hallándose diferencias significativas entre ambos.

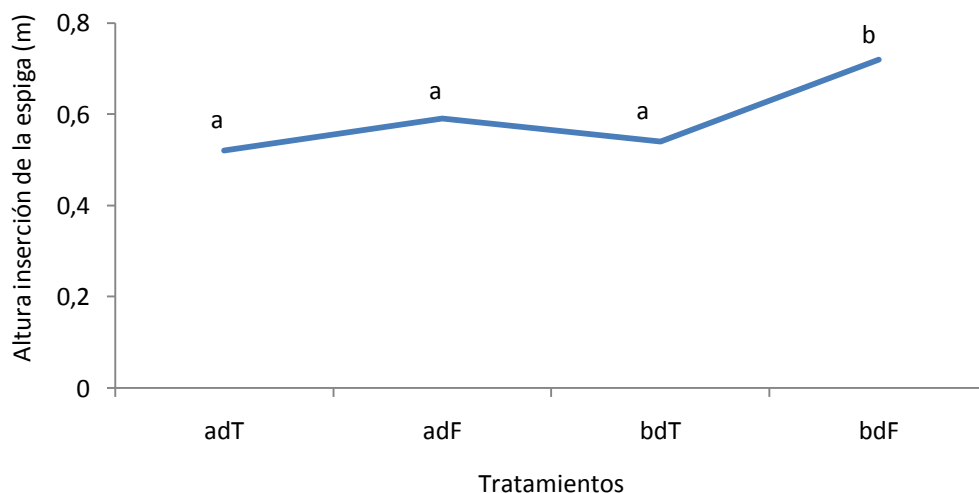


Figura 6. Altura promedio de inserción de la espiga (m) en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF)

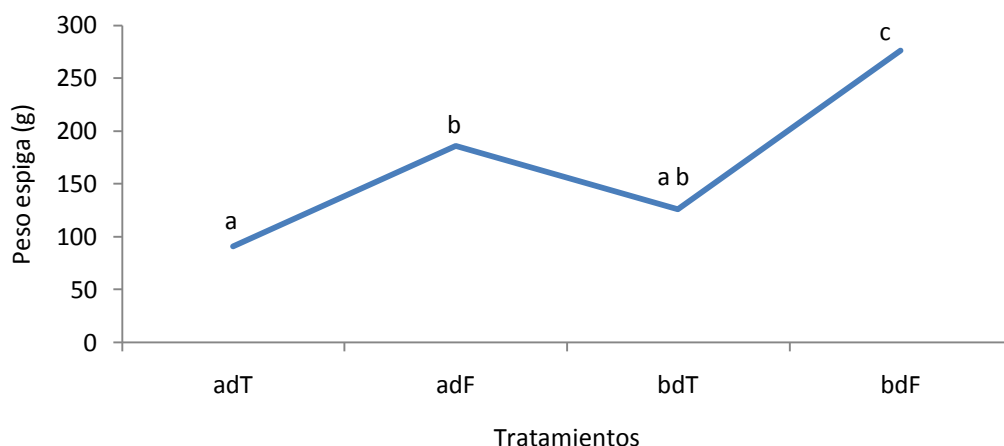


Figura 7. Peso promedio de la espiga (g) en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF)

Como se mencionó anteriormente, mediante un clorofilómetro se pudo evaluar la intensidad de verdor en las hojas. Este parámetro permite cuantificar de forma objetiva eventuales diferencias entre tratamientos. En nuestros resultados se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin aporte de nutriente ( $p=0,001$ ) (anexo Fig. 1), registrándose los mayores valores en los tratamientos adF y bdF con valores de 57,53 y 54,68 respectivamente (Fig. 8).

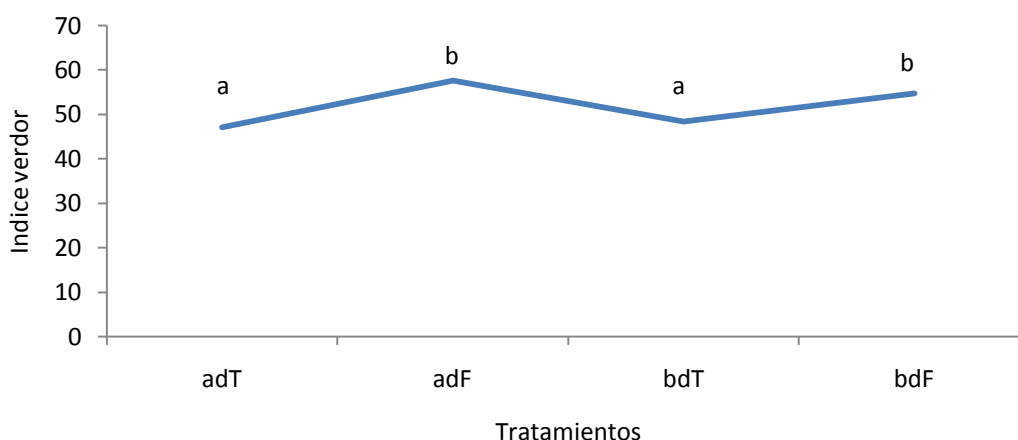


Figura 8. Intensidad de verdor en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF)

Respecto a los restantes parámetros evaluados (peso de 1000 granos y temperatura de canopeo), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0,4$  y  $p=0,3$  respectivamente).

### ***Rendimiento de grano:***

La disponibilidad de N en la Región Pampeana es uno de los factores edáficos que con mayor frecuencia, y en condiciones de adecuada disponibilidad hídrica, restringe el logro de altos rendimientos en grano de maíz (Barraco y Diaz Zorita, 2005).

En maíz el ajuste de la densidad de plantas resulta especialmente crítico ya que es sumamente sensible a la disminución de la cantidad de recursos por planta durante el periodo crítico (Andrade et al., 1996a).

La figura 9 muestra en este caso, que la baja densidad presentó mayores rindes que la alta densidad. Los mayores valores hallados fueron: 4690 kg/ha y 3967 kg/ha para bdF y bdT

respectivamente. Es decir que en este caso las principales diferencias están dadas entre densidades de plantas, en contraste con resultados obtenidos por Proot et al., (2011), quienes observaron respuesta significativa a la fertilización, independientemente de la densidad de siembra. Además se comprobó un comportamiento diferente para cada densidad en la respuesta a la fertilización: en el tratamiento de alta densidad de plantas, el aporte de N incrementó significativamente el rendimiento de grano. El tratamiento adT presentó un rendimiento marcadamente menor (996 kg/ha), lo cual supondría una mayor restricción al desarrollo de los cultivos por una baja oferta de N en planteos de alta densidad de siembra (Proot et al., 2011). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en otras experiencias (Uhart y Andrade, 1995; Lemcoff y Loomis, 1986) que muestran que un estrés de N reduce la tasa de crecimiento de maíz en el período crítico, y este efecto se ve magnificado en condiciones de alta competencia intraespecífica. En el tratamiento de baja densidad de plantas, si bien la tendencia fue similar, las diferencias no resultaron significativas (Fig. 9).

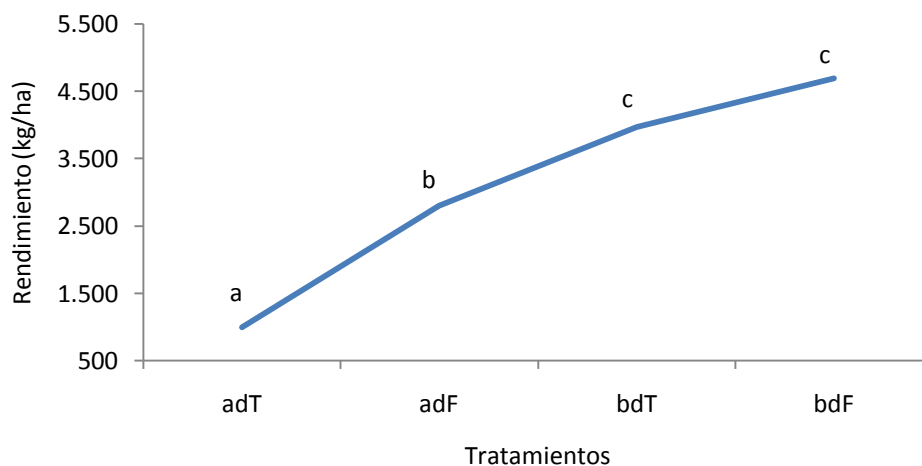


Figura 9. Rendimiento promedio de maíz (kg/ha) en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF).

Un comportamiento similar presenta el componente número de granos (Fig. 10) donde las mayores diferencias ( $p < 0,0001$ ) estuvieron dadas entre densidades de plantas, a diferencia de resultados obtenidos por Proot et al. (2011), donde no se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,13$ ). El tratamiento bdF presentó un valor de 1628 granos/m<sup>2</sup>, mientras que en el tratamiento adF se registró un valor significativamente menor de 946 granos/m<sup>2</sup>. Se destaca además, al igual que en los resultados obtenidos en rendimiento de grano, un comportamiento

diferente entre las distintas densidades, con respecto a la respuesta a la fertilización: en el tratamiento de alta densidad de plantas, el aporte de N incrementó significativamente el número de grano. El tratamiento adT presentó un número de granos marcadamente menor (353 granos/m<sup>2</sup>) lo cual supondría, como se mencionó anteriormente, una mayor restricción al desarrollo de los cultivos por una baja oferta de N en planteos de alta densidad de siembra (Proot et al., 2011). Estos resultados además nos indican que las variaciones en el rendimiento estuvieron determinadas principalmente por el número de granos, ( $y= 2,8947x + 5,9281$ ;  $R^2= 0,9993$ ) (Fig. 11).

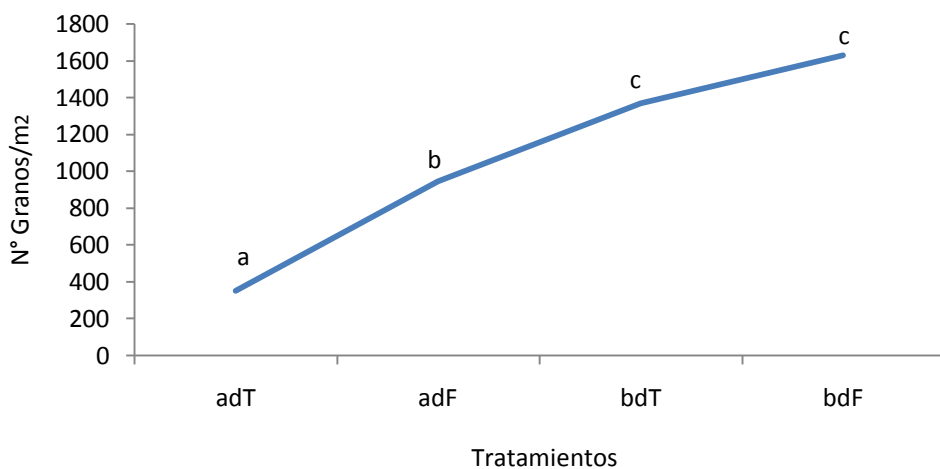


Figura 10. N° de granos/m<sup>2</sup> promedio en los diferentes tratamientos (adT, adF, bdT, bdF). }

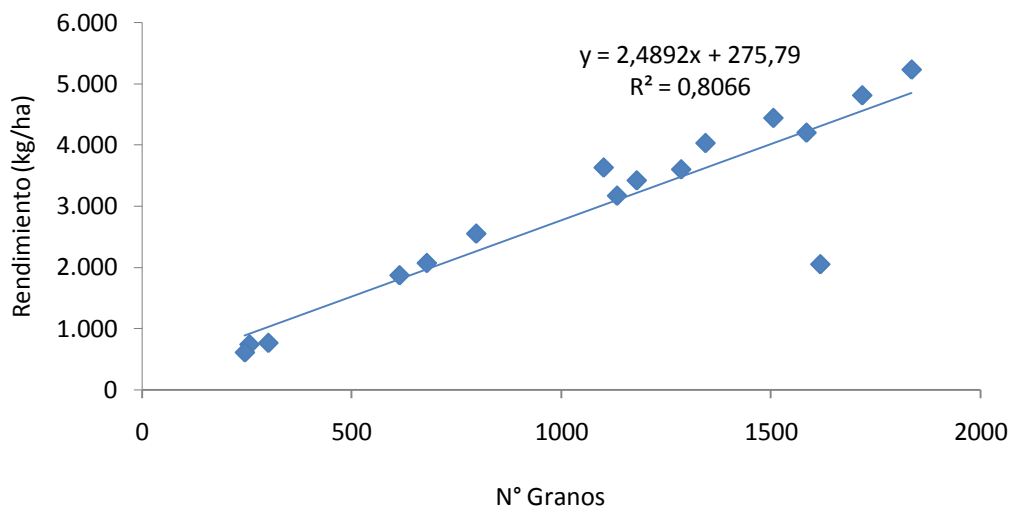


Figura 11. Relación entre Rendimiento (kg/ha) de grano y número de grano/m<sup>2</sup>

### ***Eficiencia de uso y productividad económica del agua:***

La EUA, no solo es influenciada por las precipitaciones, sino que también resulta dependiente de aspectos genéticos de los suelos determinantes, de la capacidad de retención de agua (CRA), del cultivo y del manejo (Quiroga et al., 2013).

La EUA expresada en kg/ha.mm, varió ampliamente entre tratamientos, en un rango de 3,4 (adT) a 12,2 (bdF). La mayor eficiencia, se registró en los tratamientos de baja densidad de plantas, resultando mayor en el tratamiento con aporte de N, pero sin diferenciarse significativamente del tratamiento testigo. Es decir que las mayores diferencias estuvieron dadas entre densidades de plantas, a diferencia de resultados obtenidos por Proot et al, (2011), donde se detectó que la EUA no se modificó por la densidad de siembra.

Se destaca la baja eficiencia del tratamiento de alta densidad de plantas sin aporte de nutrientes, que estaría indicando limitaciones en la disponibilidad principalmente de Nitrógeno, dado que cuando se fertilizó con este nutriente la EUA se incrementó significativamente (Fig. 12). Esto se debe tener en cuenta dado que en la RSP, en general se utilizan altas densidades de plantas y es escaso el aporte de nutrientes por fertilización. Estos resultados, resultan coincidentes con estudios realizados por Ghironi et al, (2012), donde se evaluó la variación del rendimiento de granos a través de un amplio rango de densidad de plantas, comprobándose que para ambientes de mediano potencial se recomienda una densidad

de 55.000 a 80.000 pl/ha y para ambientes de bajo potencial es recomendable utilizar densidades menores a 50.000 pl/ha, para no afectar así los rendimientos (Andrade et al., 1996b).

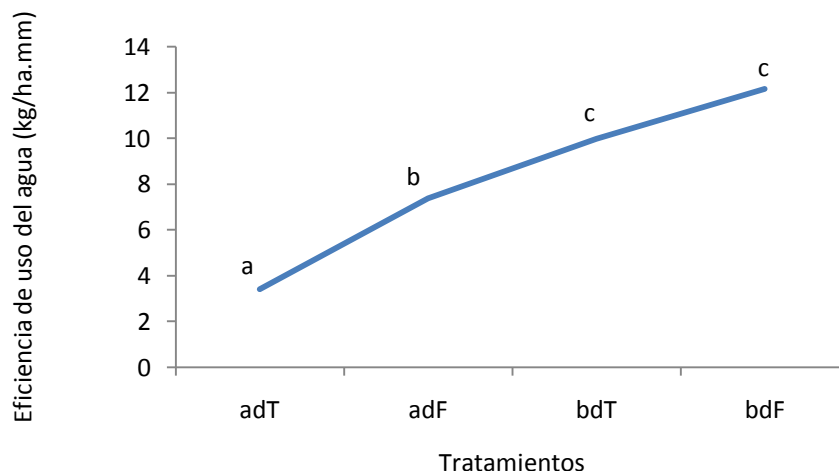


Figura 12. EUA (kg/Ha.mm), en los distintos tratamientos (adT, adF, bdT, bdF)

Una forma de valorar la EUA es a partir de la Productividad Económica del Agua (PEA), definida como el valor recibido por unidad de agua usada (\$/ha.mm).

El concepto de PEA tiene en cuenta los efectos de las prácticas de manejo y normalmente se expresa en \$/ha.mm. En este estudio cuando se consideró el efecto de cambios en la densidad de plantas y la incorporación de nutrientes por fertilización que si bien insidieron sobre los costos de producción, también afectaron los ingresos al insidir sobre los rendimientos de grano.

Los resultados mostraron que cuando la EUA se midió en términos económicos (PEA), se hallaron diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) principalmente entre densidades de plantas (Fig. 13). El tratamiento bdF presentó un valor de 12,77 (\$/ha.mm), mientras que para el tratamiento adT se registró un valor considerablemente menor (1,65 \$/ha.mm). Entre las distintas densidades se observa un comportamiento diferente con respecto a la respuesta a la fertilización: en el tratamiento de alta densidad de plantas, el aporte de N aumentó significativamente la PEA.

Como lo señalan Ali y Talukder. 2008; Aldaya et al. 2009 y Molden et al. 2009, es necesario incrementar la PEA en áreas como la RSP, donde el recurso agua es escaso. Esto podría

lograrse por un incremento en la productividad física del agua o EUA que lleve a generar más kg de grano por mm de agua disponible.

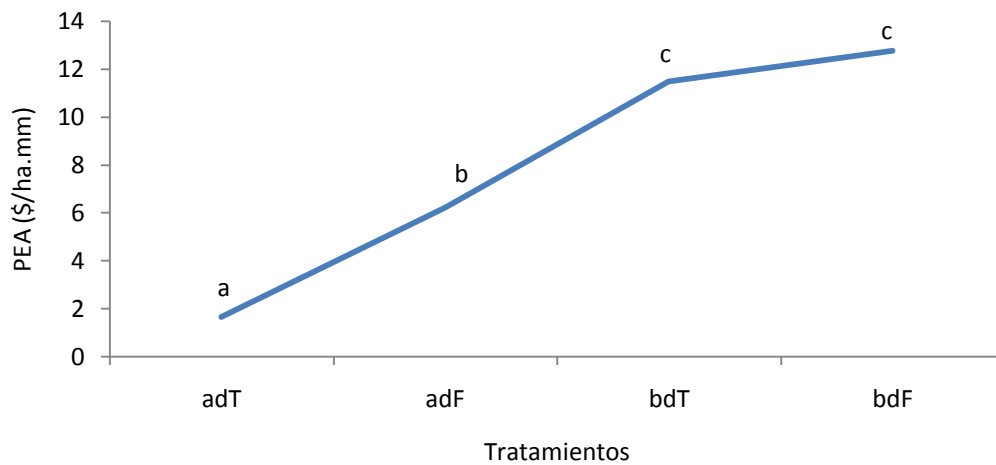


Figura 13. PEA (\$/ha.mm), en los distintos tratamientos (adT, adF, bdT, bdF)

## **Conclusiones**

Durante la campaña (siembra-cosecha) las condiciones hídricas no fueron muy favorables, principalmente durante el período Diciembre-Febrero, lo cual impidió logros de altos rendimientos.

Las mayores diferencias al evaluar el peso de la planta, altura, peso de la espiga y verdor, estuvieron dadas entre tratamientos fertilizados y sin fertilizar, es decir que el aporte de nutrientes fue la variable que posibilitó un mayor desarrollo de la planta al evaluar los diferentes parámetros mencionados. Respecto a la inserción de la espiga, si bien no se observaron diferencias significativas según la densidad de siembra y fertilización, el mayor valor registrado fue en el tratamiento bdF.

Con respecto al rendimiento de grano y número de granos, se detectaron diferencias significativas entre densidades de plantas. Los mayores rindes se obtuvieron en los tratamientos de baja densidad. Si bien entre los tratamientos fertilizados y sin fertilizar no se observaron diferencias significativas, si se pudo detectar que el N incrementó en gran medida el rendimiento de granos principalmente en el tratamiento de alta densidad de siembra, lo cual supondría una mayor restricción al desarrollo de los cultivos por una baja oferta de N en planteos de alta densidad de siembra.

A partir de los resultados obtenidos, se pudo concluir que la densidad de siembra y la fertilización condicionaron el rendimiento del cultivo.

Al igual que en el rendimiento de grano, al evaluar los resultados de la EUA y PEA, se obtuvo que las mayores diferencias estuvieron dadas entre densidades de plantas, destacándose además valores muy bajos en los tratamientos de alta densidad sin aporte de nutrientes, por lo que se concluye también que el aporte de N incrementa la EUA y la PEA.

Las altas densidades de plantas mostraron bajos valores de rendimiento y EUA, debido a una alta competencia intraespecífica por los recursos, principalmente N y agua

Los tratamientos sin aporte de N, también mostraron bajos valores de rendimiento y EUA, por lo que se concluye que el aporte de nutrientes en el cultivo de maíz es fundamental para incrementar la EUA y los rendimientos.



El incremento de la densidad de plantas no mejoró el MB, especialmente cuando no fue acompañado por aporte de nutrientes. Los mayores MB (PEA) se alcanzaron en los tratamientos bdT y bdF.

Una adecuada densidad de plantas y el ajuste de la nutrición del cultivo en la RSP, donde la disponibilidad hídrica es limitada, permitiría incrementos significativos en la producción de granos por cada milímetro de agua disponible.

Finalmente, estos resultados preliminares muestran que mediante el manejo es posible incidir significativamente en la EUA. Este es uno de los principales aspectos a considerar en las actividades productivas de regiones semiáridas, para lograr así estrategias agrícolas más sostenibles.

## **Bibliografía**

Aldaya, M.M., Martinez-Santos, P. y Llamas, M.R. 2009. Incorporating the wáter footprint and virtual wáter into policy: reflections from the Mancha Occidental región Spain. *WaterResource Management*.doi. p. 160.

Ali, M.H. y Taludker, M.S.U. (2008). Increasing wáter productivity in crop production – A synthesis. *Agric. Water Manage.* pp. 1201-1213.

Alvarez, C., Andriani, J., Eiza, M., Fernández, R., Gil, R., Michelena, R. y Sánchez, H. 2012. Agua del suelo. En Santos D.J., Wilson M.G. y Ostinelli M. (Eds.), *Metodología de muestreo y ensayos a campo: Protocolos básicos comunes*. Paraná: INTA. pp. 57-64

Andrada, J.P y Parramón, P, M. 2013. Respuesta a la fertilización nitrogenada del maíz según el estado hídrico del suelo en distintos ambientes de la Región Semiárida Pampeana. Tesina de grado. Facultad de Agronomía-UNLPam. p. 20

Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S. y Otegui, M. 1996a. Requerimientos Hídricos. En: Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S. y Otegui, M. (Eds.), *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Balcarce: La Barrosa. Buenos Aires. pp. 133

Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S. y Otegui, M. 1996b. Densidad de plantas. En: Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S. y Otegui, M. (Eds.), *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Balcarce: La Barrosa. Buenos Aires. pp. 233-247

Andrade, F.H. y Sadras, V.O. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. En Andrade, F.H. y Sadras, V.O. (Eds.), *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. (págs. 97-133). EEA-INTA Balcarce, Fac. de Ciencias Agrarias UNMP. pp. 97-133

Anuario estadístico de la Provincia de La Pampa. 2009. Dirección de estadísticas y censos. p. 219

Barraco, M. y Díaz Zorita, M. 2005. Momento de fertilización nitrogenada en cultivos de maíz en haplustoles típicos. *Ciencia del Suelo*, 23 (2): 197-203

Bono, A. y Romano, N. 2007a. Nitrógeno. En Quiroga A. y Bono A. (Eds.). Manual de fertilidad y Evaluación de Suelos. EEA Anguil: INTA. pp. 60-64

Bono, A. y Romano, N. 2007b. Métodos de diagnóstico de fertilización. En Quiroga A. y Bono A. (Eds.). Manual de fertilidad y Evaluación de Suelos. EEA Anguil: INTA. pp. 72-83

Cátedra de Edafología y Manejo de Suelo. Guía de trabajos prácticos para la determinación de propiedades físicas y químicas del suelo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam. p. 35

Cazorla, C., De Battista, J.J., Ferrari, M., Guadelj, O., Sasal, M.C., *et al.* 2012. Estructura del suelo. En Santos D.J., Wilson M.G. y Ostinelli M. (2012). Metodología de muestreo y ensayos a campo: Protocolos básicos comunes. Paraná: INTA. pp. 25-55

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez. L., Tablada, M. y Robledo, C.W. 2014. Grupo InfoStat, Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Fagioli, M. 1974. Influencia sobre la fertilización nitrogenada sobre rendimientos y consumos hídricos del trigo en la Región Semiárida Pampeana. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 7(1): 1-13

Ferraris, G. y Couretot, L. 2008. Respuesta del maíz a la fertilización con nitrógeno y zinc por vía foliar. Campaña 2007-2008. Resultados del segundo año de ensayos. (Tesis). EEA INTA Pergamino. p. 146

Gaggioli, C., Quiroga, A. y Noellemeyer, E. 2013. Evaluación de la eficiencia de uso de agua y productividad en cultivos invernales en la Región Semiárida Pampeana. Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam, 23(2): 17-26.

Ghironi, E., Corró Molas, A., Gili, A., Hevia, E. y Reinoso, H. 2012. Manejo Sitio específico de densidades en los cultivos de girasol, maíz y sorgo en la Región Semiárida Pampeana Central. En Corró Molas. A. y Ghironi. E. (Eds.), Avances de la agricultura por ambientes en la Región Semiárida Pampeana. Anguil. EEA INTA Anguil. pp. 21-55

Golberg, A.D., Ruiz, M. A., Quiroga, A. y Fernández, O.A. 2011a. Conceptos generales sobre el estrés en las plantas. En Ediciones INTA (Ed.), ¿Qué le sucede a un cultivo cuando no llueve? Anguil, La Pampa: EEA INTA Anguil. pp. 45-52

Golberg, A.D., Ruiz, M. A., Quiroga, A. y Fernández, O.A. 2011b. Prefacio. En Ediciones INTA (Ed.), ¿Qué le sucede a un cultivo cuando no llueve? Anguil, La Pampa: EEA INTA Anguil. pp. 3

Hatfield, J.L., Sauer, T.J. y Prueger, J.H. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. *Agron. J.* 93: 271-280

Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Pampa Edición 1980. Región Oriental. <http://www.lapampa.edu.ar/recursosnaturales/index2.html>. Visitado el 14 de Octubre de 2013.

Lemcoff, J.H. y Loomis R.S. 1986. Nitrogen influences on yield determination in maize. *En: Crop Science* 26: 1017-1022. López, M. y Arrue, J. 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in semi-arid region of Spain. *En: Soil and Tillage Research* 44: 35- 54.

Lorda, H., Lucchetti, P., Zinda, R., et al. 2003. Caracterización Tecnológica de Cultivos de Verano. In: CULTIVOS DE COSECHA GRUESA. Actualización 2003. Boletín de divulgación Técnica N° 77. EEA INTA Anguil. pp. 1-38

Márgenes Agropecuarios 2013. Maíz: Costos y Márgenes. *Márgenes agropecuarios*, 29(340):55-56

Márgenes Agropecuarios 2014. Maíz: Costos y Márgenes. *Márgenes agropecuarios*, 29(348):56-57.

Micuchi, F. y Alvarez, C. 2004. El agua en los sistemas extensivos. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua. Simposio Nacional sobre el Uso del Agua en Agricultura, Septiembre. Passo Fundo, Brasil. p. 156

Molden, D., Oweis, T. y Steduto, P. 2009. Improving agricultural water productivity between optimism and caution. *Agric. Water Manage.* pp. 528-535

Nielsen, D.C., Unger, P.W. y Miller, P.R. 2005. Efficient Water Use in Dryland Cropping Systems in the Great Plains. *Agron.* pp. 364-372

Noellemeyer, E., Fernández, R. y Quiroga, A. 2013. Crop and tillage effects on water productivity of dryland agriculture in Argentina. *Agriculture.* 3: 1-11.

Pérez, L. 2011. Memoria Técnica. General Villegas: EEA INTA General Villegas. p 167

Prece, N., Alvarez, C. y Ferreras, L. 2013. Estrategias de manejo de Maiz en suelos con diferente aptitud productiva del noroeste bonaerense. En Mendez, D. y Otero, A. (Eds.), Memoria Técnica 2012-2013. General Villegas: EEA General Villegas. pp. 25-30

Proot, A., Barraco, M., Scianca, C. y Alvarez, C. 2011. Efectos de la fertilización nitrogenada y de la densidad de siembra sobre los rendimientos y la eficiencia de uso del agua en maíces tardíos en la pampa arenosa. En Méndez, D. y Otero, A. (Eds.), Memoria Técnica 2010-2011. General Villegas: EEA INTA General Villegas. pp.15-21

Quiroga, A., Fernández, R., Gaggioli, C., Louise, M., Saks, M., Frasier, C., *et al* 2013. La gestión del agua desde la interacción genotipo/ambiente/manejo. En Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. (Eds.), Primeras jornadas Nacionales de Suelos de ambientes semiáridos y Segundas Jornadas Provinciales de Agricultura Sustentable. Ciudad autónoma de Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. pp. 89-94

Quiroga, A., Fernández, R., Azcarate, P., Bono, A. y Gaggioli, C. 2012. Agua del suelo. Bases funcionales para su manejo. En Quiroga A. y Bono A. (Eds.), Manual de fertilidad y evaluación de suelos. EEA Anguil: INTA. pp. 39-54

Quiroga, A., Bono, A., Montoya, J. y Babinec, F.J. 1997. Aspectos edáficos y de manejo relacionado con la productividad del cultivo de maíz. Informe Técnico EEA Anguil, INTA. pp. 86

Ritchie, J.T. y Basso, B. 2008. Water use efficiency is not constant when crop water supply is adequate or fixed: The Role of Agronomic Management. pp. 273-281

Tuya, O., Quiroga, A. y Epuñán, F. 2011. Trabajos que abordan aspectos de las relaciones agua-suelo-planta. En EEA INTA Anguil. (Eds.), Gestión del Agua en producciones agrícolas y ganaderas de secano. Anguil, La Pampa: INTA Anguil. pp. 19-28

Tuya, O., Quiroga, A. y Epuñán, F. 2011. Nutrición de cultivos. Estrategias para incrementar la producción y eficiencia en el uso del agua. En EEA INTA Anguil. (Eds.), Gestión del Agua en producciones agrícolas y ganaderas de secano. Anguil, La Pampa: INTA Anguil. pp. 43-49

Uhart, S.A. y Andrade, F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: Effects on crop grow, development, dry matter partitioning and kernel set. En: Crop science 35: 1376-1383.

Uhart, S. y Echeverria, H.E. 2000. Diagnóstico de la fertilización. En Andrade, F.H y Sadras, V.O. (Eds.), Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce: EEA INTA Balcarce. pp. 235-268

Viets, F.G. 1962. Fertilizers and efficient use of water. Adran. Agron. 14. pp. 223-264

Wallace, J.S. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. Agr. Ecosyst. Environ. 82: 105-119.

## Anexo



Figura 1. Izquierda: tratamiento bdF, derecha: tratamiento adT. Foto: Luisina Casale

Tabla 1. Costos de insumos y MB (\$/ha). U/ha: unidades/ha. Tratamiento adT

adT	U/ha	Total \$
Semilla	60.000	566
Urea	174	
		566

Precio bruto (\$/tn)	1253
Rinde (tn/ha)	1
Ingreso Neto (\$/ha)	1253
Margen Bruto (\$/ha)	687

Tabla 2. Costos de insumos y MB (\$/ha). U/ha: unidades/ha. Tratamiento adF

adF	U/ha	Total \$
Semilla	60.000	566
Urea	174	522
		<b>1088</b>

Precio bruto (\$/tn)	1253
Rinde (tn/ha)	2,8
Ingreso Neto (\$/ha)	3508,4
Margen Bruto (\$/ha)	<b>2420,4</b>

Tabla 3. Costos de insumos y MB (\$/ha). U/ha: unidades/ha. Tratamiento bdT

bdT	U/ha	Total \$
Semilla	40.000	377
Urea	174	
		<b>377</b>

Precio bruto (\$/tn)	1253
Rinde (tn/ha)	4
Ingreso Neto (\$/ha)	5012
Margen Bruto (\$/ha)	<b>5012</b>

Tabla 4. Costos de insumos y MB (\$/ha). U/ha: unidades/ha. Tratamiento bdF

bdF	U/ha	Total \$
Semilla	40.000	377
Urea	174	522
		<b>899</b>

Precio bruto (\$/tn)	1253
Rinde (tn/ha)	4,7
Ingreso Neto (\$/ha)	5889,1
Margen Bruto (\$/ha)	<b>4990,1</b>