

INDICE

Sistemas de labranza, propiedades edáficas y rendimiento de maíz en molisoles diferenciados por el régimen hídrico	1
Propiedades edáficas que condicionan la producción de girasol en molisoles de la región semiárida pampeana	11
Efecto del barbecho y niveles de residuos sobre los contenidos de nitrógeno y azufre	19
Efecto de la disponibilidad de agua y nitrógeno para girasol en la región semiárida pampeana	26
Efecto de la longitud del barbecho, momentos y formas de aplicación de fósforo en girasol	35
Aspectos del manejo del agua y la nutrición nitrogenada de maíz en la región semiárida y subhúmeda pampeana	44
Fertilización nitrogenada y eficiencia de uso de agua de trigo en la región subhúmeda pampeana	55

SISTEMAS DE LABRANZA, PROPIEDADES EDÁFICAS Y RENDIMIENTO DE MAÍZ EN MOLISOLES DIFERENCIADOS POR EL RÉGIMEN HÍDRICO

Cristian Álvarez¹; Norman Peinemann²; Alberto Quiroga³.

¹ EEA INTA Villegas. CC 153 (6230) Drabble (Bs. As.)

² Dpto Agronomía., UNSur, Bahía Blanca (Bs As).

³ EEA INTA Anguil y Fac. Agronomía.

E-mail: calvarez@correo.inta.gov.ar

RESUMEN

Nuestro objetivo fue evaluar el efecto del sistema de labranza y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de maíz en dos Molisoles pertenecientes a la región semiárida (Haplustol Entico, Dorila, LP) y subhúmeda pampeana (Hapludol Típico, General Villegas). En cada sitio y sistema de labranza, siembra directa (SD) y labranza convencional (LC, con reja) se implantó maíz con 2 dosis de nitrógeno (N) (0 y 100 kg/ha en V4). Las mayores diferencias en los contenidos de agua se registraron entre sitios, tanto a la siembra como en floración, mientras que el efecto de las labranzas fue menor. SD presentó significativamente menor contenido de nitratos, principalmente en el ustol. El contenido de materia seca varió entre suelos (udol > ustol), entre sistemas de labranzas (LC > SD) y fertilización con N. Los rendimientos fueron mayores en el udol que en el ustol. No se registraron diferencias entre labranzas mientras que la fertilización nitrogenada afectó el rendimiento en ambos sitios ($p < 0.05$). El uso consuntivo presentó diferencias entre sitios, labranzas y niveles de fertilización obteniéndose mayores eficiencias en el ustol. Las diferencias en el régimen de humedad condicionaron en mayor grado la producción de biomasa y rendimiento de grano de maíz en comparación con el sistema de labranza y fertilización nitrogenada.

Palabras Clave: Siembra Directa, Labranza convencional, Cereales, Nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

El sistema de siembra directa (SD) modifica el ambiente físico y químico del suelo respecto de los sistemas agrícolas conducidos con labranza convencional (LC), y a su vez induce modificaciones en la biología del suelo y en el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Los efectos sobre el ambiente edáfico modifican la dinámica de los nutrientes, en especial del nitrógeno (N) y por lo tanto la disponibilidad de los mismos para los cultivos.

Una característica común observada en las evaluaciones realizadas en numerosos ensayos, tanto en nuestro país como en el exterior, ha sido el mayor contenido de materia orgánica (MO) de la capa superficial bajo SD que bajo labranzas de tipo convencional (Buschiazzo y Panigatti, 1996; Fontanetto y Gambaudo, 1996).

En ese marco uno de los aspectos diferenciales que se evidencian en SD se refiere a la dinámica del N, debido a que la mayoría de las transformaciones que sufre este nutriente son llevadas a cabo por microorganismos en condiciones de no laboreo del suelo, siendo necesario considerar los cambios ambientales producidos para definir las dosis a recomendar en la fertilización de los cultivos.

Las características climáticas, el tipo y oportunidad de labranza y la cantidad, calidad y manejo de residuos inciden tanto sobre el contenido de N mineral al momento de la siembra como en el liberado por el proceso de mineralización durante el ciclo del cultivo (Uhart y Echeverría 2000). En condiciones de adecuada disponibilidad de agua, el efecto de la SD sobre el maíz se asoció con la menor disponibilidad de N (Domínguez et al., 2001). Rizzalli (1998) reportó mayores rendimientos del cultivo de maíz en SD cuando hubo condiciones de sequía. La mayor acumulación de agua en suelos con cobertura de rastrojos está relacionada con la disminución de la evaporación (Chagas et al., 1994). No obstante esta influencia positiva, la SD puede reducir en los primeros años de su implementación los rendimientos de los cultivos, por una menor disponibilidad de N como consecuencia de una menor mineralización de los residuos orgánicos y por

mayor compactación del suelo que afectarían el crecimiento y absorción de nutrientes y agua por las raíces (Fabrizzi, 2000).

Una adecuada nutrición nitrogenada es imprescindible para que el cultivo de maíz alcance un óptimo crecimiento y altos rendimientos. En la región pampeana semiárida y subhúmeda, el N es el nutriente que influye en mayor medida sobre la productividad de este cereal (Echeverría et al., 2000). El objetivo fue evaluar el efecto del sistema de labranza sobre propiedades edáficas y el rendimiento de maíz en dos Molisoles diferenciados por el régimen hídrico, pertenecientes a la región semiárida (Haplustol Entico) y subhúmeda pampeana (Hapludol Típico).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las experiencias fueron conducidas en dos sitios: 1) sobre un Hapludol Típico bajo rotación maíz/soja desde 1991, perteneciente al ensayo de labranzas de larga duración de la EEA INTA General Villegas, con precipitaciones promedio de 902 mm y 2) sobre un Haplustol Entico con secuencia de cultivos Trigo/Verdeo invierno/Soja/Maíz/Girasol, perteneciente al ensayo de larga duración ubicado en Dorila, La Pampa, con precipitaciones promedio de 720 mm. En cada sitio y sistema de labranza (SD y LC) se implantó maíz con una densidad de 72.000 plantas/ha, utilizando 2 dosis de N (0 y 100 kg/ha al estado de 4 hojas).

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron evaluaciones de los contenidos de agua (0-1.40 m) y nitratos (0-0.6 m) en el suelo. A madurez fisiológica se cosecharon 5 m² por parcela a fin de determinar rendimiento de grano y sus componentes. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con parcela dividida y tres repeticiones. La parcela principal correspondió al sistema de labranza: (SD y LC) y las subparcelas a los tratamientos testigo y fertilizado con N. Los resultados se analizaron por ANOVA, prueba de diferencia de medias y regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 contiene las principales características edáficas de los suelos donde fueron establecidas las experiencias

comprobándose, a pesar de poseer la misma clase textural, una mayor diferenciación de horizontes, contenidos de MO y agua en el udol. Mientras que el ustol presentó mayor contenido de fósforo (P), posiblemente asociado con menor extracción por parte de los cultivos (menor rendimiento e intensidad de cultivos).

Tabla 1: Características edáficas donde fueron establecidos los ensayos de labranzas y fertilización de maíz. L+A: limo + arcilla, MO: materia orgánica, P: fósforo, N- NO₃⁻: nitrógeno de nitratos.

Sitio	Labranza	Clase	L+A	MO	P	N-NO ₃ ⁻
		textural	(%)	(tn/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
Ustol	LC	Franco	46.6	31	99	61
	SD	Arenosa		40	78	23
Udol	LC	Franco	48.6	47	37	69
	SD	Arenosa		52	37	44

¹ contenido de fósforo de 0-0.20 m., ² Contenido de nitratos de 0-0.60 m.

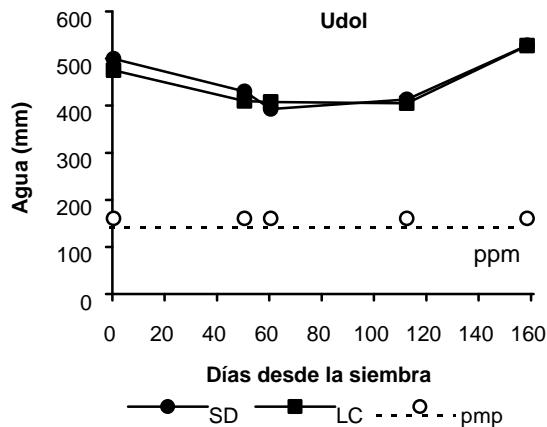
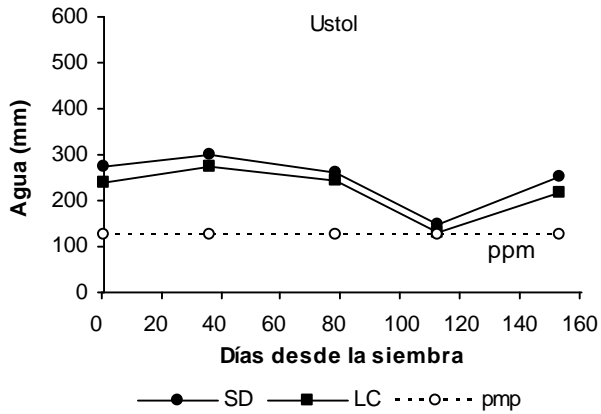


Figura 1: Efecto del sistema de labranza sobre la dinámica de agua en ustol y udol en diferentes fechas de muestreo durante el ciclo del cultivo de maíz. Labranza convencional (LC), siembra directa (SD), agua total (1.40 m) y punto de marchitez permanente (pmp)

La Figura 1 muestra que las mayores diferencias en los contenidos de agua se registraron entre sitios, tanto a la siembra como en floración, mientras que el efecto de las labranzas fue menor. La tendencia en ambos sitios fue un mayor contenido de agua bajo SD. Un comportamiento inverso

se comprobó en los contenidos de nitratos, donde SD presentó significativamente menor contenido, principalmente en el ustol, lo cual podría estar relacionado con el menor contenido de MO (Tabla 1). Sin embargo estas diferencias entre sitios no se comprobaron en LC. Bajo estas condiciones se registraron diferencias en la evolución del contenido de materia seca (MS), el cual varió no solamente entre suelos (udol > ustol), sino también entre sistemas de labranzas (LC > SD) y por efecto de la fertilización. De esta manera, SD en el ustol y sin fertilización registró la menor producción de MS (Figura 2: ustol y udol).

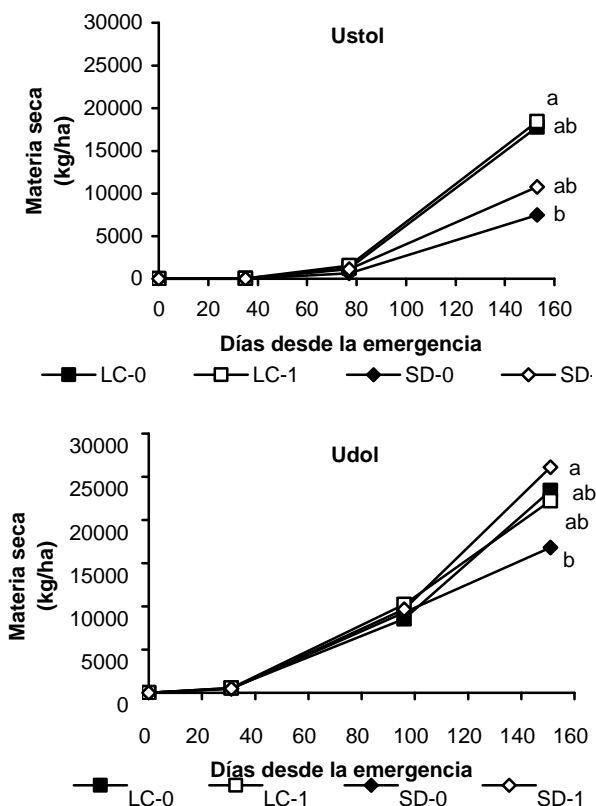


Figura 2: Efecto de la labranza y fertilización sobre la evolución de biomasa aérea en maíz establecido a) sobre Hapludol y b) sobre Haplustol. Labranza convencional (LC), siembra directa (SD), testigo

(0), 100 kg N/ha (1). Letras distintas muestran diferencias significativas ($p = 0.05$).

Los efectos de sitio observados sobre la biomasa también se comprobaron en el rendimiento de grano, con similar rango de variación pero mayor producción en el udol (6875-12145 kg/ha) que en el ustol (5244-10237 kg/ha). No se registraron diferencias entre labranzas mientras que la fertilización nitrogenada afectó significativamente el rendimiento en ambos sitios ($p < 0.05$).

En la Figura 3 se observa que el rango de variación del número de granos/m² fue mayor en el ustol (2422-4572) que en el udol (2465-3638) no registrándose diferencias entre labranzas. Sin embargo las respuestas a la fertilización con N fueron significativas ($p < 0.05$). Este componente de rendimiento fue el de mayor incidencia sobre los rendimientos de granos (udol R²: 0.38; ustol R²: 0.60).

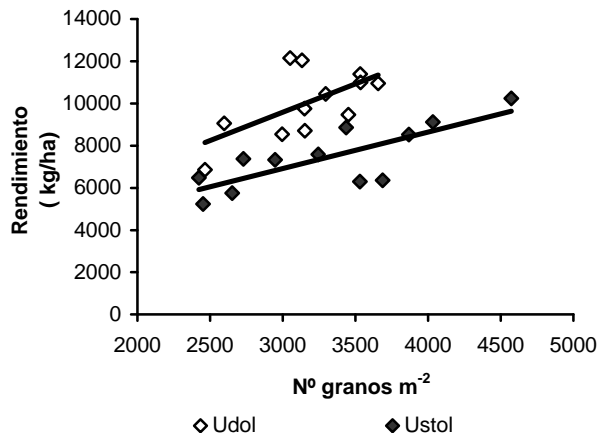


Figura 3: Relación entre número de granos y rendimiento de maíz evaluado sobre dos suelos diferenciados por el régimen de humedad.

La Figura 3 muestra además que a igual número de granos entre sitios el rendimiento fue mayor en el udol, lo cual estaría relacionado con mejores condiciones hídricas en la etapa final del cultivo dando lugar a un mayor peso de granos (Figura 1). En el ustol la menor disponibilidad de agua hacia

fin de enero no afectó el número de granos, pero sí condicionó el peso de granos y un menor rendimiento (Figura 4).

La Figura 4 muestra la variación del peso de mil granos en el udol (268-529 gr) y ustol (172-270 gr) y la relación con el rendimiento. Las variaciones en cada sitio se debieron principalmente al efecto de la fertilización; mientras que no se comprobó influencia del sistema de labranza sobre este componente del rendimiento.

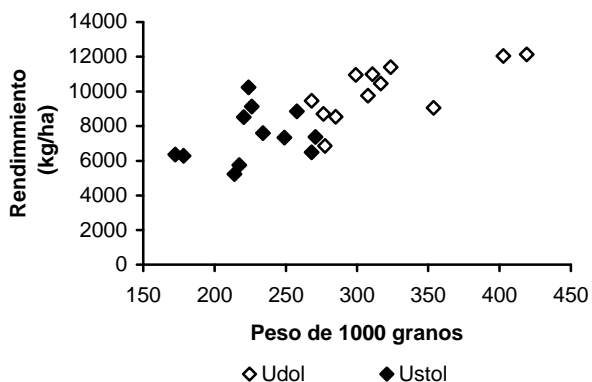


Figura 4: Relación entre peso del grano (gr.) y rendimiento de maíz en dos Molisoles diferenciados por el régimen de humedad (udol y ustol).

Tabla 2: Uso consuntivo (UC), eficiencia de uso de agua (EUA) (materia seca y grano) para los dos suelos evaluados, sistemas de labranza y niveles de fertilización nitrogenada.

Sitio	Fertilización (kg/ha)	U C (mm)		EUA (kg MS/ha mm)		EUA (kg grano/ha mm)	
		LC	SD	LC	SD	LC	SD
Udol	0	530	559	44	30	19	15
	100	521	545	43	48	21	20
Ustol	0	422	422	42	18	15	14
	100	447	456	41	24	19	19

La Tabla 2 muestra un mayor UC para el udol con respecto al ustol, no observándose diferencias entre sistemas

de labranza y niveles de fertilización en el udol. Mientras que en el ustol, el UC de maíz en ambos sistemas de labranzas se incrementaron con el agregado de N. La eficiencia de utilización de agua por kg de MS y grano producido fueron mayores en el udol, observándose mayor respuesta bajo SD con fertilización. Mientras que la menor eficiencia se encontró en el ustol bajo SD sin fertilización.

CONCLUSIÓN

Estos resultados preliminares indican que las diferencias en el régimen de humedad, de suelos pertenecientes a la misma clase textural, condicionaron en mayor grado la producción de biomasa aérea y rendimiento de grano de maíz en comparación con el sistema de labranza y fertilización nitrogenada. Sin embargo, puede inferirse una mayor influencia del manejo en los ustoles, donde el régimen hídrico no solo condicionaría con mayor frecuencia una menor disponibilidad de agua durante periodos más críticos, sino también una menor generación de biomasa y contenidos de MO en el mediano plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Buschiazzo D. y J Panigatti. 1996. Labranzas en la región semiárida Argentina. E.E.A. INTA G. Covas. La Pampa.
- Chagas C., H. Marelli, O. Santanatoglia. (1994). Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol típico bajo tres sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo* 12:11-16.
- Domínguez G.; G. Studdert; H. Echeverría, F. Andrade. 2001. Sistema de cultivo y nutrición nitrogenada en maíz. *Ciencia del Suelo*. 19: 47-56.
- Echeverría H. y H. Sainz Rozas. 2000. Nitrogeno, las opciones. *Revista fertilizar*. Numero especial siembra directa. Año 5 pag. 4-15.
- Fabrizzi K. (2000). Dinámica del nitrógeno bajo dos sistemas de labranzas en un suelo no degradado. Tesis de *Magister Scientiae*. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP.

- Fontanetto H. y S. Gambaudo. 1996. Sistemas de labranzas para el trigo: Su influencia sobre propiedades físicas y químicas del suelo. E.E.A. INTA. Rafaela.
- Rizzalli R. 1998. Siembra directa y convencional de maíz ante distintas ofertas de nitrógeno. Tesis *Magister Scientiae*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce. 35p.
- Uhart S. y H. Echeverria. 2000. Diagnóstico de la fertilización. En: F. H.Andrade V.O. Sadras (Eds) Bases para el manejo de maíz, girasol y soja. Capítulo 9.Pág. 235-268.

PROPIEDADES EDAFICAS QUE CONDICIONAN LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL EN MOLISOLES DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

Daniel Funaro^{1,2}, Norman. Peinemann³, Elke Noellermeyer⁴, Alberto Quiroga^{1,4}.

¹INTA EEA Anguil, CC 11 (6326) Anguil (LP),

² Becario PICTO-ASAGIR N° 13166,

³Departamento de Agronomía UNS-CONICET,

⁴ Facultad de Agronomía UNLPam.

E-mail: dfunaro@anguil.inta.gov.ar

RESUMEN

Variaciones en las precipitaciones y en la capacidad de retención de agua de los suelos condicionan el uso consuntivo de los cultivos en regiones semiáridas y subhúmedas. Se ha comprobado además que el amplio rango de variación en los contenidos de arcilla+limo condiciona la capacidad de retención de agua (CRA) y los contenidos de materia orgánica (MO). Se planteó como objetivo de trabajo evaluar la incidencia de variaciones en la CRA y el IMO (MO/arcilla+limo) sobre el rendimiento de girasol en Molisoles de la región semiárida pampeana (RSP). Del análisis de las correlaciones se comprobó que el rendimiento se relacionó positivamente con la CRA total, CRA útil y el IMO. Las variaciones que se presentan en la CRA útil e IMO explican en parte la variación en el rendimiento de girasol. En el año 1, de mayores precipitaciones en floración y post floración (81 mm) el rendimiento se relacionó principalmente con el IMO ($R^2 = 0,56$). En el año 2 de menores precipitaciones (23 mm) en el mismo periodo el rendimiento de girasol se relacionó en mayor grado con parámetros hídricos: CRA útil ($R^2 = 0,79$), profundidad de los suelos ($R^2 = 0,44$) y con la disponibilidad de agua útil a la siembra ($R^2 = 0,83$). Cuando se realizó el análisis conjunto de los 2 años de estudio ambos parámetros, la CRA útil y el IMO, explicaron el 45 % en la variación del rendimiento del cultivo de girasol en la región semiárida pampeana. Los resultados muestran que aspectos genéticos de los suelos (granulometría y espesor) y de manejo, relacionados con la disponibilidad de

agua y fertilidad (IMO) condicionan la producción de girasol en la RSP.

Palabras claves: Girasol, Profundidad de los suelos, capacidad de retención de agua.

INTRODUCCIÓN

Variaciones en las precipitaciones y en la capacidad de retención de agua de los suelos (CRA) condicionan el uso consuntivo de los cultivos en regiones semiáridas y subhúmedas. En la región semiárida pampeana (RSP) se ha comprobado además que el amplio rango de variación en los contenidos de arcilla+limo no solo condiciona la CRA de los suelos sino también resulta determinante en los niveles críticos de algunos indicadores edáficos relacionados con la productividad de los cultivos. Así determinado valor de materia orgánica (MO), estabilidad estructural, proporción de agregados, pueden ser considerados bajo, medio o alto dependiendo de la granulometría, tal lo planteado por Quiroga et al. (1996).

Con el objeto de minimizar los efectos de variaciones en la granulometría sobre indicadores de calidad de suelos se han desarrollado distintos índices que relacionan distintas propiedades edáficas con la textura, como por ejemplo MO/arcilla+limo (Pieri 1995; Quiroga et al., 2005), MO/arcilla (Ferraris et al., 2002). Estos índices permiten comparar indicadores de calidad entre suelos de distintas texturas. Por lo expuesto se infiere que una parte importante de las diferencias de rendimiento de girasol, entre lotes del mismo productor, no pueden ser explicadas a partir del uso individual de indicadores. Resulta necesario considerar la variación de la textura empleando parámetros que integran variables, como por ejemplo la CRA (espesor, textura y densidad aparente) y el índice MO/arcilla+limo (IMO). Se planteó como objetivo de trabajo evaluar la incidencia de variaciones en la CRA y el IMO sobre el rendimiento de girasol en Molisoles de la RSP.

MATERIALES Y MÉTODOS

En una primera etapa de trabajo tendiente a identificar los factores edáficos relacionado con la productividad de girasol, se evaluaron 20 sitios pertenecientes a la planicie medanosa y la planicie con tosca del centro de La Pampa, destinados al cultivo de girasol, a fin de establecer la relación entre variables edáficas y de cultivo. En una segunda etapa previo a la siembra de girasol, fueron evaluados 65 sitios y seleccionados 14 sitios, representativos del amplio rango de variación en los contenidos de arcilla+limo, CRA y MO.

En ambos estudios se determinó: Espesor del suelo (ES), contenidos de arcilla, limo y arena (pipeta de Robinson), capacidad de campo y punto de marchitez permanente (olla y membrana de presión de Richard), MO (Walkley y Black), fósforo (P) disponible (Bray Kurtz). A partir de estas variables se calculó CRA total, CRA útil y el IMO (MO/arcilla+limo x 100) (Pieri 1995 y Quiroga et al., 2005)

En el cultivo se determinó biomasa de hojas (BH, kg/ha), concentración y contenido de nitrógeno en biomasa (BNH, kg/ha), color en hoja (ECH) (Witt y Cabrera 2002), rendimiento de grano: (kg/ha) y contenido de materia grasa (MG).

Se empleó el análisis multivariado de componentes principales (Seber, 1984) y de regresión (Seber, 1977) entre las variables edáficas y de cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general se observó un amplio rango de variación, entre los 34 sitios seleccionados de la región, en las variables edáficas (CRA útil e IMO) evaluadas (Tabla 1). Por ejemplo la CRA útil varió entre 34 a 242 mm, relacionada con el espesor de los suelos ($R^2=0,50$), la MO entre 0.9 y 2.8 %, el IMO entre 2,5 y 7,4 y los contenidos de P entre 5 y 31 ppm.

Tabla 1:Rango de variación de propiedades edáficas evaluadas en lotes destinados al cultivo de girasol.

	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Prof (m)	CRA (mm)	CRA útil (mm)	MO (%)	P (ppm)	IMO
Max	21	43	75	2.00	422	242	2.8	31	7.4
Min	6	19	39	0.35	68	34	0.9	5	2.5
Desvio estandar	3.8	7.3	10.1	0.47	93.3	52.8	4	7.4	1.2
Promedio	12	32	56	1.17	273	147	19	17	4.4

Del análisis de las correlaciones en las dos primeras componentes principales se comprobó que el rendimiento se relacionó positivamente con la CRA total, CRA útil y el IMO y coincidentemente con estudios previos (Quiroga et al., 2002) no se comprobó relación con los contenidos de MO. Puede inferirse que el rendimiento fue afectado en mayor grado por variables relacionadas con la disponibilidad de agua (CRA total y útil)

En la Figura 1 se presenta la distribución de los 85 lotes evaluados en función de los contenidos de MO y de arcilla+limo comprobándose relación positiva ($R^2= 0,43$).

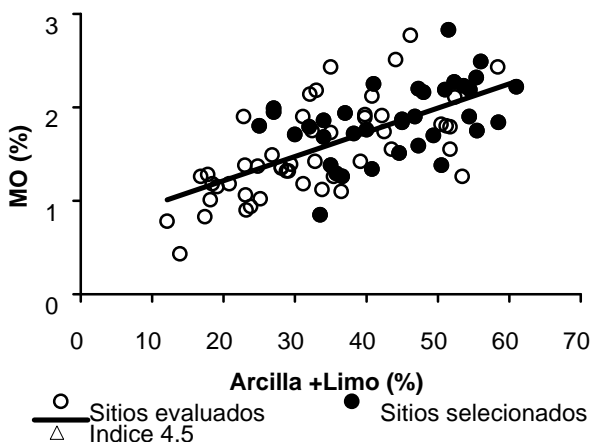
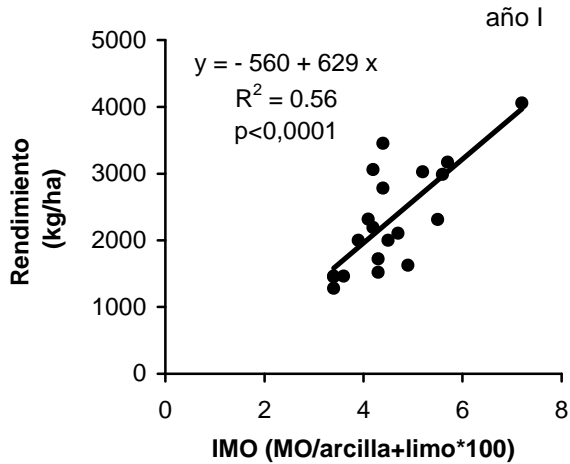


Figura 1: Distribución de los sitios en función de los contenidos de materia orgánica y de arcilla+limo.

Las variaciones que se presentan en la CRA útil y en el índice de fertilidad (IMO) explican en parte la variación en el rendimiento de girasol pero la incidencia de los mismos varió entre años con diferentes precipitaciones (Figura 2). En el año 1, que presentó mayores precipitaciones en floración y post floración (81 mm) el rendimiento se relacionó principalmente con el IMO ($R^2= 0,56$) (Figura 2 a). En el año 2 se registraron menores precipitaciones (23 mm) durante el periodo mencionado y consecuentemente el rendimiento de girasol se relacionó en mayor grado con los parámetros hídricos: CRA útil ($R^2= 0,79$) (Figura 2 b), profundidad de los suelos ($R^2 = 0,44$) y con la disponibilidad de agua útil a la siembra ($R^2 = 0,83$) (Figura 3). Resultados similares fueron obtenidos por Sadras y Calviño (2001), comprobando en el sudeste de Buenos Aires relación positiva entre la profundidad de los suelos y la productividad del cultivo de girasol ($R^2 = 0,61$). En promedio los mayores rendimientos presentaron un valor medio de 2880 kg /ha, con un contenido de agua útil de 163 y 84 mm al momento de la siembra y en floración respectivamente, mientras que los menores rendimientos (1870 kg/ha) presentaron contenidos de agua útil a la siembra y floración de 96 y 11 mm respectivamente. En ambos grupos altos y bajos rendimientos el valor medio de IMO resultó de 4,1.

a)



b)

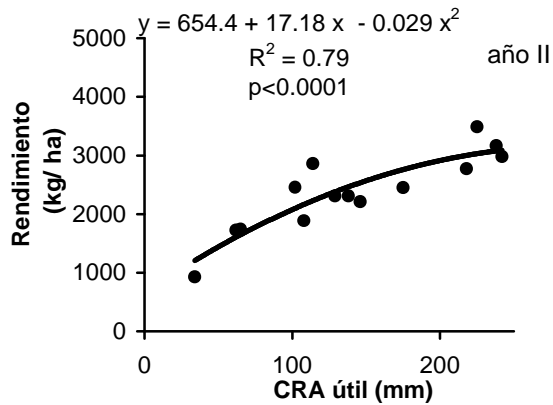


Figura 2: Relación entre el rendimiento del cultivo de girasol con el IMO (MO/arcilla+limo*100) a) y con la capacidad de retención de agua útil (CRA útil) b).

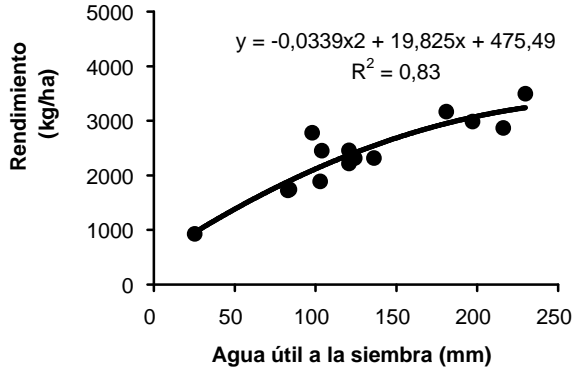


Figura 3: Relación entre el rendimiento y el agua útil al momento de la siembra.

A pesar de las diferencias en las precipitaciones, en ambos años se registraron altos (año 1: 4057 kg/ha, año 2: 3491 kg/ha) y bajos rendimientos (año 1: 1280 kg/ha, año 2: 925 kg/ha). Esto indica que en años con limitaciones hídricas los suelos de mayor CRA útil posibilitaron rendimientos altos, mientras que en años de mayores precipitaciones la variación del rendimiento se relaciono con variaciones en el IMO. Cuando se realizó el análisis conjunto de los 2 años de estudio, ambos parámetros la CRA útil y el IMO explicaron el 45 % en la variación del rendimiento del cultivo de girasol en la región semiárida pampeana. (ecuación 1)

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = 246,3 + 7,87 \text{ CRA útil} + 213,2 \text{ IMO}$$

$$R^2 = 0,45 \text{ } p < 0.0001 \text{ (ecuación 1)}$$

Los resultados muestran que aspectos genéticos (granulometría y espesor de suelo) y el manejo relacionado con la disponibilidad del agua y fertilidad (IMO) condicionan la producción de girasol en la RSP.

BIBLIOGRAFÍA

- Ferraris G., F. Gutierrez Boem, H. Echeverria. 2002. respuestas a la fertilizacion en el Cultivo de Soja de Primera. IDIA XXI (3) 52-58.
- Pieri C. 1995. Long-term soil management experiments in semiarid Francophone Africa. *Adv. Soil Sci.*, 225-264 pp.
- Quiroga A., A. Bono, A. Corro Molas. 2002. Aspectos nutricionales del girasol en la región semiárida y subhúmeda pampeana. IDIA XXI: 128-134pp.
- Quiroga A., F. Babinec, O. Ormeño, L. Goñi. 1996. Labranza conservacionista y fertilización de trigo en la región semiárida pampeana. XV Congreso AACCS, La Pampa.
- Quiroga A., D. Funaro, E. Noellemeyer, N. Peinemann. 2005. Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil & Tillage Research*.
- Sadras V. O., P. A. Calviño. 2001. Quantification of Grain Yield Response to Soil Depth in Soybean, Maize, Sunflower, and Wheat. *Agron. J.* 93: 577-583.
- Seber G. 1977. *Lineal Regression Analysis*. J. Wiley & Sons, New York, 465 pp.
- Seber G. 1984. *Multivariate observations*. Jhon Wiley & Sons. New York, 686pp.
- Witt C., J. Cabrera-Pasuquín. 2002. Nitrogen content of rice leaves as predicted by SPAD, NIR, and spectral reflectance measurements. *Internat. Rice Res. Institute*, Philippines.

EFECTO DEL BARBECHO Y NIVELES DE RESIDUOS SOBRE LOS CONTENIDOS DE NITRÓGENO Y AZUFRE

Romina Fernández¹; Norman Peinemann²; Elke Noellemeyer³; Alberto Quiroga^{1,3}.

¹ EEA INTA Anguil. CC 11 (6326) Anguil (La Pampa).

² Dpto Agronomía, UNS, Bahía Blanca (Bs As).

³ Fac. Agronomía. UNLPam. Ruta 35 Km 335. Santa Rosa (LP).

E-mail: rfernandez@anguil.inta.gov.ar

RESUMEN

En las regiones semiárida y subhúmeda pampeana (RSP) la longitud del barbecho y la cobertura del suelo con rastrojos son los principales factores que inciden sobre el contenido de agua, la temperatura del suelo, contenido de nitrógeno y sulfatos. Se planteó como objetivo de trabajo evaluar el efecto de distintos niveles de residuos, sobre el contenido de agua y sobre la temperatura del suelo y su efecto sobre la concentración de nitratos y de sulfatos durante el barbecho en molisoles bajo siembra directa. En general durante el barbecho no se observó efecto del nivel de residuos sobre los contenidos de N-NO₃⁻, pero sí se comprobó un efecto positivo del nivel de residuos sobre el agua útil, mientras que sobre la temperatura del suelo fue negativo. Además en la mayoría de los sitios no se observó efecto sobre los contenidos de N-NO₃⁻ y S.

Palabras claves: barbecho, niveles de residuos, nitrógeno, sulfatos

INTRODUCCIÓN

En las regiones semiárida y subhúmeda pampeana (RSP) el agua almacenada por el suelo durante el período de barbecho participa sustancialmente del uso consuntivo de los cultivos. La longitud del barbecho (Quiroga et al., 2005) y la cobertura del suelo con rastrojos (Bennie y Hensley, 2000) son los principales factores que inciden sobre el contenido de agua en suelos. Además de esta influencia de la cobertura sobre los contenidos de agua distintos estudios muestran efectos sobre

la temperatura del suelo (Power et al., 1986), siendo esta uno de los principales factores que regulan la mineralización de nitrógeno orgánico (Santanatoglia et al., 1994). Por lo que se ha atribuido a los suelos cultivados con altos niveles de cobertura una menor capacidad de suministrar nitrógeno a los cultivos (Agenbag y Maree, 1989). Los procesos y factores que afectan la disponibilidad de azufre (S) son muy similares por lo cual sería de esperar que la concentración de sulfatos en el suelo también fuera afectada por la cobertura. En base a lo expuesto se plantea como objetivo de trabajo evaluar el efecto de distintos niveles de residuos, sobre el contenido de agua y sobre la temperatura del suelo y su efecto sobre la concentración de nitratos y de sulfatos durante el barbecho en molisoles bajo siembra directa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se localizaron en sitios distribuidos a través de una climosecuencia con gradiente de precipitaciones este-oeste, entre 800 mm (oeste de Bs As) y 650 mm (norte de La Pampa y sur de Córdoba). En cada sitio fueron seleccionados lotes provenientes de maíz de cosecha con destino al cultivo de girasol, estableciendo al inicio del barbecho niveles de cobertura alto (A: superior a 1000 kg MS/ha), medio (M: 5000-7000 kg MS/ha) y bajo (B: menor a 2000 kg MS/ha). El contenido de agua del suelo fue determinado (método gravimétrico) a intervalos de 0.20 m hasta los 2.00 m o aparición del manto calcáreo, y la temperatura de suelo a 0.50 m de profundidad con termómetros digitales. Las muestras de suelo para la determinación de nitratos (método de ácido cromotrópico) fueron tomadas de 0 – 1.00 m o aparición del manto calcáreo en intervalos de 0.20 m y azufre de sulfatos solubles y adsorbidos fueron determinados en muestras de suelo de 0 – 0.20 m de profundidad (Tabatabai, 1982). Los tratamientos fueron dispuestos en bloques completos al azar con 4 repeticiones, utilizando parcelas de 100 m².

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante ANOVA y las diferencias entre medias a través del test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características edáficas de los sitios experimentales están resumidas en la Tabla 1. El espesor de suelo varió entre 0.60 y 2.00 m; los contenidos de arcilla entre 4 y 14 % y de limo entre 13 y 40 %. Las clases texturales más gruesas y finas fueron arenoso franco (AF) y franco (F) respectivamente. La diferencia de espesor de suelo y de textura entre sitios resultó en un amplio rango de variación en la capacidad de retención de agua total (CRAT) entre 143 a 376 mm. Los contenidos de N-NO_3^- variaron entre 28 a 92 kg/ha, y los de S entre 5 y 10 ppm.

Tabla 1: Caracterización edáfica de 10 sitios destinados al cultivo de girasol. Espesor del perfil, contenidos de arcilla y limo, y capacidad de retención de agua total (CRAT), contenidos de nitratos y sulfatos.

Sitio	Espesor (m)	Arcilla (%)	Limo (%)	CRAT (mm)	N-NO_3^- (kg ha ⁻¹)	S (ppm)
1	2.00	12	35	376	49	8
2	0.80	9	26	159	61	8
3	2.00	7	21	315	66	6
4	2.00	10	33	325	85	6
5	2.00	4	13	252	92	6
6	0.60	12	27	143	58	9
7	0.60	14	40	184	28	10
8	2.00	7	16	268	45	5
9	1.00	10	32	207	52	8
10	1.40	12	35	269	78	9

En general no se observó efecto del nivel de residuos sobre los contenidos de N-NO_3^- (Figura 1), solamente en el sitio 5 los mayores contenidos de N-NO_3^- se obtuvieron en el nivel A de residuos, mientras que en los sitios 9 y 10 se hallaron mayores valores de N-NO_3^- disponible en suelos con bajos niveles de residuos. Estos resultados concuerdan con Franzluebbbers et al. (1995) quienes también hallaron menores contenidos de N en altos niveles de residuos de maíz.

El contenido de agua útil (Figura 2) en el sitio 5 fue mayor al 100 % , mientras que en los sitios 9 y 10 fue superior

al 50 %, este último porcentaje no constituye una limitante para la mineralización de los nitratos en suelos de texturas gruesas.

En cambio, la disminución de la temperatura a mayores niveles de residuos afectó negativamente la tasa de mineralización, resultando en valores menores de N disponible en el tratamiento con alto nivel de residuos. Al respecto se midió la sumatoria térmica durante el barbecho y se obtuvieron valores para el sitio 9 de 357 °C, 266 °C y 223°C para bajo, medio y alto nivel de residuos respectivamente, mientras que en el sitio 10 se obtuvieron 388 °C, 284 °C y 253 °C en el mismo orden.

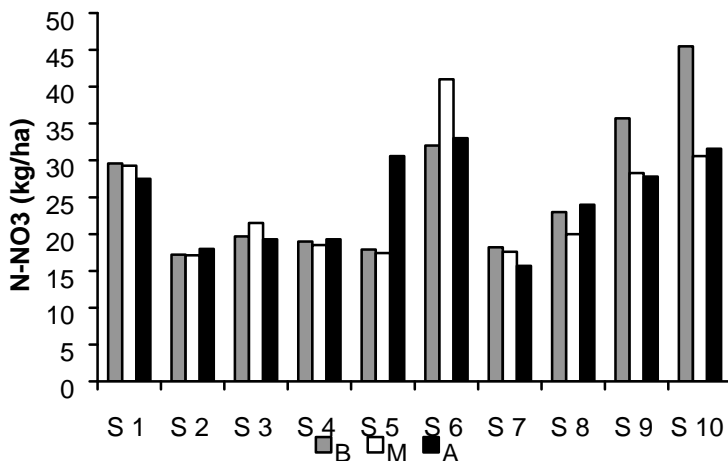


Figura 1: Nitrógeno de nitratos a la finalización del barbecho con bajo (B), medio (M) y alto (A) nivel de residuos en los 10 sitios experimentales.

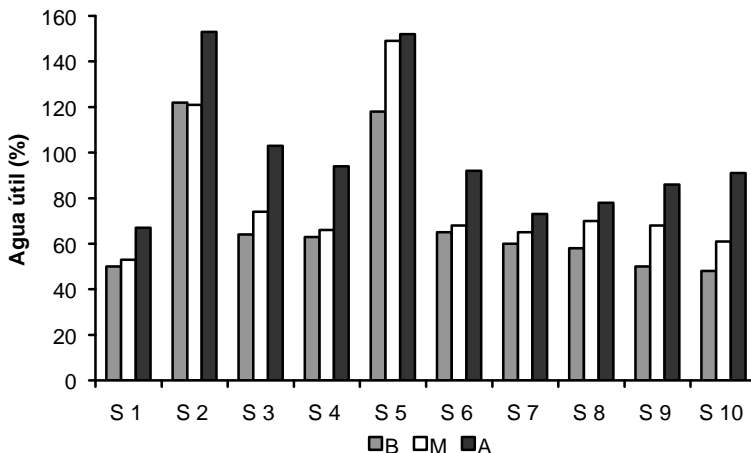


Figura 2: Agua útil a la finalización del barbecho con bajo (B), medio (M) y alto (A) nivel de residuos en los 10 sitios experimentales.

En general en los 10 sitios en estudio los niveles de S se encontraron próximos a 10 ppm (Figura 3) nivel considerado crítico por Fox et al. (1964) y por Scott y Munro (1979), tanto al inicio del barbecho (julio) como a la finalización del mismo en los tres niveles de residuos, solamente los sitios 4 ($p < 0.05$) y 8 ($p = 0.1$) presentaron diferencias significativas a favor de alto y el sitio 9 ($p < 0.05$) a favor de bajo nivel de residuos.

Según Tabatabai y Bremner (1972) los contenidos de S están altamente correlacionados con los contenidos de MO. Al respecto se podría inferir que los sitios 1, 4 y 10 con mayores contenidos de MO fueron los que tuvieron los mayores niveles de S al finalizar el barbecho y los sitios 5 y 8 con los menores contenidos de MO fueron también los de menores niveles de S.

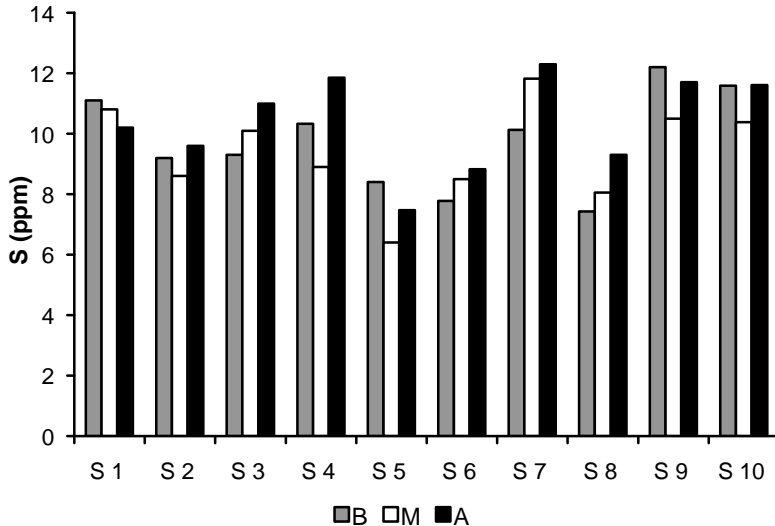


Figura 3: Azufre de sulfatos (S) a la finalización barbecho en bajo (B), medio (M) y alto (A) nivel de residuos en los 10 sitios experimentales.

CONCLUSIONES

Se comprobó un efecto positivo del nivel de residuos durante el barbecho sobre el agua útil, mientras que el efecto sobre la temperatura del suelo fue negativo. En general en la mayoría de los sitios no se observó efecto sobre los contenidos de N-NO_3^- y S. En condiciones no limitadas por agua el efecto de bajas temperaturas en altos niveles de residuos resultó en menores niveles de N-NO_3^- y de S.

Agradecimientos: Al personal de apoyo de la experimental y a los productores que nos facilitaron su apoyo para establecer y conducir las experiencias.

BIBLIOGRAFÍA

Agenbag G., P. Maree. 1989. The effect of tillage on soil carbon, nitrogen and soil strength of simulated surface crust in two cropping systems for wheat (*Triticum aestivum*). *Soil Till. Res.* 14: 53-65.

- Bennie, A., M. Hensley. 2000. Maximizing precipitation utilization in dryland agriculture in South Africa, a review. *J. Hydrology*. 241: 124-139
- Franzluebbers A., F. Hons, D. Zuberer. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59: 460-466.
- Fox R., R. Olson, H. Rhodes. 1964. Evaluating the sulphur status of soils by plant and soil test. *Proc. Soil Soc. Am.* 28: 243-246.
- Power J., Wilhelm W., J. Doran. 1986. Crop residue effects on soil environment and dryland maize and soya bean production. *Soil Till. Res.* 8: 101-111.
- Quiroga A., D. Funaro, R. Fernández, E. Noellemeyer. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. *Ciencia del suelo* 23: 79-86.
- Santanatoglia O., R. Alvarez, N. Barbero, M. Russo. 1994. Descomposición de la cobertura de rastrojo y evolución de su contenido de nitrógeno en el doble cultivo trigo-soja bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 12: 63-67.
- Scott N., J. Munro. 1979. The sulphate status of soils from North Scotland. *J. Sci. Agric.* 30: 15-20.
- Tabatabai M. 1982. Sulfur. P 501-534. In *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Page et al. (ed.). American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison. Wisconsin. USA.
- Tabatabai, M., J. Bremner. 1972. Forms of sulfur, and carbon, nitrogen and sulfur relationships, in Iowa soils. *Soil Sci.* 114: 380-386.

EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA Y NITRÓGENO PARA GIRASOL EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

Daniel Funaro,^{1,2} **Norman Peinemann**³, **Elke Noellermeyer**⁴,
Matias Saks^{1,4}, **Alberto Quiroga**^{1,4}.

¹INTA EEA Anguil, CC 11 (6326) Anguil (LP)

² Becario PICTO-ASAGIR N° 13166

³Departamento de Agronomía UNS-CONICET

⁴ Facultad de Agronomía UNLPam.

E-mail: dfunaro@anguil.inta.gov.ar

RESUMEN

La región semiárida pampeana (RSP) es una transición entre las zonas húmedas y secas, caracterizándose por una gran variabilidad en las precipitaciones y en la capacidad de retención de agua de sus suelos, condicionada por su granulometría y la profundidad efectiva del perfil. Ambos parámetros condicionan el régimen hídrico de los suelos y de la productividad de los cultivos. Variación en la granulometría de los suelos condiciona el uso de indicadores de fertilidad como la materia orgánica (MO), por lo que se proponen el uso de un índice que relaciona la MO con Arcilla+Limo (IMO). Se planteó como objetivo de trabajo evaluar la incidencia de variaciones en la capacidad de retención de agua (CRA) y el IMO sobre el rendimiento de girasol y la respuesta a la fertilización nitrogenada. Durante 2004-2006 se seleccionaron 26 sitios, por ambos parámetros, donde se establecieron ensayos de fertilización nitrogenada con dosis de 0, 40, 80, 120 kg N/ha. Los resultados mostraron que los rendimientos del cultivo y sus componentes fueron principalmente afectados por la disponibilidad de agua a la siembra, ya sea por aspectos genéticos (granulometría y espesor de suelo) o de manejo, y que la respuesta a la fertilización fue mayor en los sitios de mayor producción caracterizados por una mayor CRA e IMO. Estos resultados indicaron además que se estarían asignando sitios con limitantes genéticas y de baja aptitud para el cultivo.

Palabras claves: girasol; fertilización, agua disponible, calidad de suelo

INTRODUCCIÓN

Las condiciones ambientales como la temperatura (Sadras et al., 2000), el coeficiente fototermal y precipitaciones (Mercau et al., 2001) que frecuentemente resultan variables entre sitios de una misma región y entre años, pueden afectar el rendimiento de los cultivos al influenciar sobre los distintos componentes. Cuando los requerimientos nutricionales e hídricos de los cultivos no son cubiertos se reciente principalmente el área foliar y en consecuencia la eficiencia fotosintética (Trápani y Hall, 1996; Sadras et al., 1991; Connor et al., 1993; Uhart y Andrade, 1995).

La RSP es una transición entre las zonas húmedas y secas, caracterizándose por una gran variabilidad en las precipitaciones (Scian 2002), y en la CRA de sus suelos, condicionada por su granulometría y la profundidad efectiva del perfil (Quiroga et al., 1998; Funaro et al., 2006). Ambos parámetros (precipitaciones y CRA) resultan principalmente determinantes del régimen hídrico de los suelos y de la productividad de los cultivos. Se ha comprobado además que el amplio rango de variación en la granulometría de los suelos condiciona el uso de indicadores de fertilidad como la MO, desarrollándose para atenuar este efecto, índices de fertilidad que relacionan los distintos indicadores con la textura. Para Molisoles de RSP (Quiroga et al. 2005) proponen el uso de un índice que relaciona la MO con Arcilla+Limo (IMO). En base a lo expuesto se planteó como objetivo de trabajo evaluar la incidencia de variaciones en la CRA y el IMO sobre el rendimiento de girasol y la respuesta a la fertilización nitrogenada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 2004-2006 se evaluaron por sus propiedades edáficas 96 lotes destinados al cultivo de girasol y se seleccionaron 26 sitios, diferenciados por los contenidos de Arcilla+Limo, CRA y MO.

En cada sitio se establecieron ensayos de fertilización nitrogenada con dosis de 0, 40, 80, 120 kg N/ha, la aplicación se realizó al estado de 4 hojas, utilizando un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. En cada sitio se determinó: espesor del suelo (ES), contenidos de arcilla, limo y arena (pipeta de Robinson), capacidad de campo y punto de marchitez permanente (olla y membrana de presión de Richard), materia orgánica (Walkley y Black), fósforo disponible (Bray Kurtz). A partir de estas variables se calculó CRA total, CRA útil y el IMO (MO/arcilla+limo x 100) (Pieri 1995 y Quiroga et al., 2005), en el cultivo se determinó biomasa de hojas (BH, kg/ha), concentración y contenido de nitrógeno en biomasa (BNH, kg/ha), color en hoja (ECH) (Witt y Cabrera 2002), rendimiento de grano: (kg/ha) y contenido de materia grasa (MG).

Se empleó el análisis de regresión (Seber, 1977) entre las variables edáficas y de cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el criterio de selección de los 26 sitios, los mismos presentaron un amplio rango de variación en profundidad del perfil (0.35 a mas de 2.00 m), Arcilla +Limo (16.8 a 61.6 %), MO (0.85 a 2.83 %), IMO (2.5 a 8.6) y contenidos de P disponible (5 a 31 ppm), (Tabla 1).

Tabla 1: Rango de variación de propiedades edáficas en 26 sitios destinados al cultivo de girasol.

	Arcilla+Limo (%)	Arena (%)	Prof (m)	MO (%)	P (ppm)	IMO
Max	61.6	83.2	2.00	2.83	31	8.6
Min	16.8	41.5	0.35	0.85	5	2.5
Desvio estandar	13.2	13.4	0.48	0.47	7.08	1.7
Promedio (n=26)	40.5	58.5	1.09	1.72	15.5	4.5

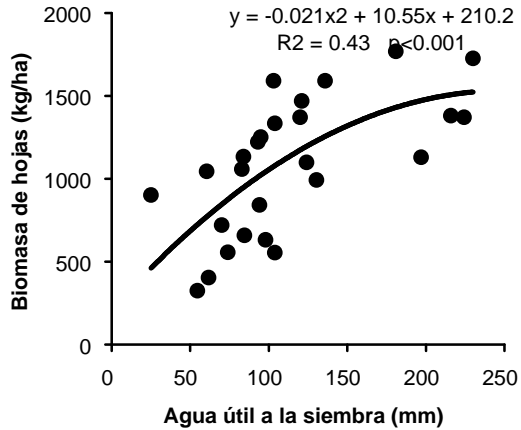
Tabla 2: Rango de variación de propiedades edáficas relacionadas con el agua y la nutrición.

	CRA (mm)	CRA útil (mm)	AUS (mm)	AUF (mm)	N-NO₃⁻ (kg ha⁻¹)	S-SO₄ (ppm)
Max	403	242	230	147	196	16.6
Min	68	34	25	0	24	7.9
Desvio estandar	86.4	54.8	54.2	47.8	35.2	2.0
Promedio (n=26)	235	128	114.2	30.9	85.2	10.9

La CRA útil de los suelos varió entre 34 y 242 mm, los contenidos de agua útil a la siembra entre 25 y 230 mm, (Tabla 2) condicionando significativamente el agua disponible a floración ($R^2=0.67$).

La disponibilidad de agua a la siembra afectó positivamente la biomasa de hojas ($R^2=0.43$) evaluada solamente en los tratamientos testigos (Figura 1a), condicionando el rendimiento del cultivo (Figura 1b). Al respecto se comprobó que limitaciones en la disponibilidad de agua reducen el desarrollo del área foliar, la interceptación de la radiación, la duración del área foliar (Barros et al., 2004) y el rendimiento de girasol (Muro et al., 2001).

a)



b)

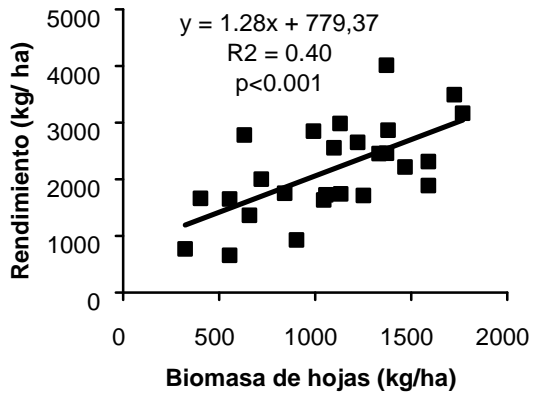
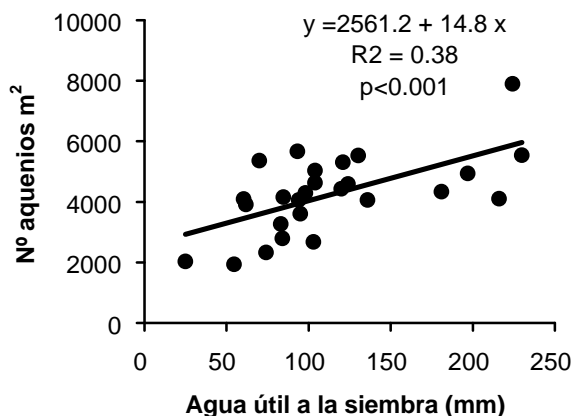


Figura 1: Relación de la biomasa de hojas y el agua disponible a la siembra a) y relación entre la biomasa y el rendimiento del cultivo de girasol b).

a)



b)

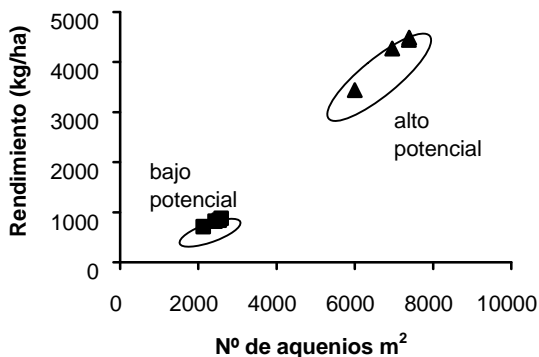


Figura 2: Relación entre el nº de aqenios y el agua útil a la siembra (a) y rendimiento y nº de aqenios (b)

El número de aqenios/m² varió ampliamente entre sitios, desde 1930 a 7900 (Figura 2a), relacionándose positivamente con el contenido de agua útil a la siembra ($R^2 = 0.38$), similar rango en el nº de aqenios por unidad de área fue reportado por Mercáu et al. (2001), al evaluar la variación de rendimiento en el cultivo de girasol. Otro factor no menos

importante es la disponibilidad de nitrógeno, nutriente que puede afectar significativamente el número de aquenios por unidad de área (Hocking y Steer 1989). La Figura 2b muestra como la fertilización nitrogenada incrementó el número de aquenios por unidad de área y el rendimiento de girasol. Este incremento fue significativo en sitios con mayor CRA y con mayores contenidos de agua útil a la siembra, calificados como sitios de mayor potencial productivo.

Los resultados muestran que la productividad del cultivo (testigo y fertilizado) fue principalmente determinada por variables edáficas relacionadas con la disponibilidad de agua. La Figura 3 muestra el amplio rango de variación en el rendimiento de los tratamientos testigos (656 a 4010 kg/ha) y fertilizados (810 a 4617 kg/ha) comprobándose una estrecha relación con variaciones en los contenidos de agua útil a la siembra ($R^2 = 0.73$). Las mayores respuestas a la fertilización se observaron en los sitios de mayor potencial de producción, caracterizados principalmente por presentar alta CRA útil y elevado IMO.

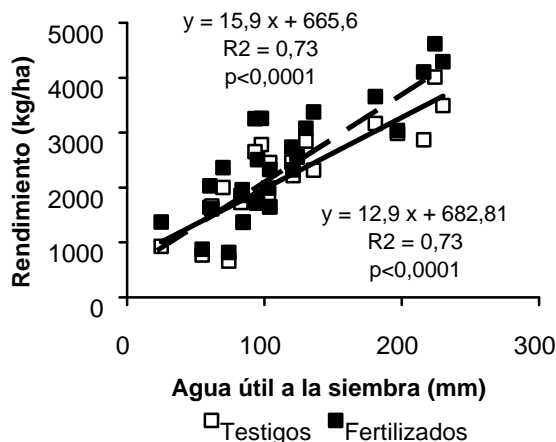


Figura 3: Rendimiento de los testigos y fertilizados en función de los contenidos de agua útil a la siembra.

Los resultados muestran que los rendimientos del cultivo y sus componentes son principalmente afectados por la disponibilidad de agua a la siembra, ya sea por aspectos genéticos (granulometría y espesor de suelo) o de manejo, y que la respuesta a la fertilización es mayor en los sitios de mayor producción caracterizados por una mayor CRA e IMO.

Estos resultados muestran además que se estarían asignando sitios con limitantes genéticas y de bajas aptitud para el cultivo.

Agradecimiento: Al personal de apoyo de la experimental y a los productores que nos facilitaron su apoyo para establecer y conducir las experiencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Barros J.F.C., M. de Carvalho, G. Basch. 2004. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. *Europ. J. Agronomy* 21: 347–356
- Connor, D., A. Hall, V. Sadras. 1993. Effect of nitrogen content on the photosynthetic characteristics of sunflower leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 20, 251-263
- Funaro, D.; N. Peinemann; E. Noellermeyer; A. Quiroga. 2006. Incidencia del régimen hídrico y calidad de los suelos en la producción de girasol en la región semiárida pampeana. *Congresos de Ciencia del suelo Salta Jujuy.*
- Hocking P. J., B. T. Steer. 1989. effects of seed size, cotyledon removal and nitrogen stress on growth and on yield components of oilseed sunflower. *Field Crops Res.* 22: 59-75
- Mercau J. L., V. O. Sadras, E. H. Satorre, C. Messina, C. Balbi, M. Uribelarrea, A. J. Hall. 2001. On-farm assessment of regional and seasonal variation in sunflower yield in Argentina. *Agricultural Systems* 67, 83-103.
- Muro J., I. Irigoyen, F. Militino, C. Lamsfus 2001. Defoliation Effects on Sunflower Yield Reduction. *Agron. J.* 93:634–637.

- Pieri C. 1995. Long-term soil management experiments in semiarid Francophone Africa. *Adv. Soil Sci.*, 225-264 pp.
- Quiroga A., D. Buschiazzo, N. Peinemann. 1998. Management discriminant properties in semiarid soils. *Soil Science* 163:591 - 597.
- Quiroga A., D. Funaro, E. Noellemeyer, N. Peinemann. 2005. Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil & Tillage Research*
- Sadras V., D. Whitfield, D. Connor. 1991. Regulation of evapotranspiration and its partitioning between transpiration and soil evaporation by sunflower crops. A comparison of hybrids of different stature. *Field Crops Res.* 28, 17-37.
- Sadras V., M Ferreiro, F. Gutheim, A. Kantolic. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a la temperatura y fotoperíodo. En *Bases para el manejo de Maíz, el Girasol y la Soja. Advanta semillas* 443 pp
- Scian B. 2002. variabilidad de las condiciones hídricas en la región semiárida pampeana Argentina. *Geeoacta* 27:30-52.
- Seber G. 1977. *Lineal Regression Analysis*. J. Wiley & Sons, New York, 465 pp.
- Trápani, N., A. Hall. 1996. Effect of leaf position and nitrogen supply on the expansion of leaf of field grown sunflower. *Plant Soil.* 184, 331-340.
- Uhart, S., F. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency and maize I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop. Sci.* 35, 1375-1383.
- Witt C., J. Cabrera-Pasuquín. 2002. Nitrogen content of rice leaves as predicted by SPAD, NIR, and spectral reflectance measurements. *Internat. Rice Res. Institute, Philippines*.

EFFECTO DE LA LONGITUD DEL BARBECHO, MOMENTOS Y FORMAS DE APLICACIÓN DE FOSFORO EN GIRASOL

**Alfredo Bono¹, Eduardo de Sá Pereira², Nicolás Romano¹,
Jorgelina Montoya¹**

¹ EEA Anguil INTA, CC 11 (6326) Anguil La Pampa, Argentina.

² INTA Coronel Suárez GOT Sudoeste Húmedo.

E-mail: abono@anguil.inta.gov.ar

RESUMEN

Nuestros objetivos fueron: Evaluar el efecto de la longitud de barbechos de 0, 30 y 60 días y evaluar el efecto de los momentos y formas de aplicación de fósforo (P) solo y combinado con nitrógeno (N) sobre el rendimiento en grano en girasol. Durante la campaña 2005/06 se establecieron 6 ensayos en el Sur de San Luis, Sur de Córdoba, Este de La Pampa y Coronel Suárez, en siembra directa. Los ensayos se localizaron en suelos Molisoles y Entisoles con distintos niveles de P asimilable y materia orgánica. Se definieron dos períodos de barbechos químicos de 60 y 30 días. Se aplicó P al voleo anticipado en los barbechos; y a la siembra aplicado en la línea y al voleo y N en 4-6 pares de hojas. Los rendimientos fueron muy variables (730 a 2500 kg/ha) para los testigos sin fertilizar. En Coronel Suárez se expresó el mayor rendimiento (3750 kg/ha) con aplicación de N, P en la línea y barbecho de 60 días. No hubo diferencias entre los barbechos de 30 y 60 días, sí las hubo, entre estos y los tratamientos sin barbecho. Para los niveles de P y tipo de suelo bajo estudio, no hubo diferencias entre los momentos y formas de aplicación de P. Hubo respuesta a N, pero no hubo interacción con P ni a la triple interacción.

Palabras claves: longitud de barbecho, formas de aplicación de P, girasol.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de girasol ha sido desplazado hacia el Oeste, ocupando áreas con menos precipitaciones. Aspectos como la

capacidad de retención y contenido de agua útil de estos suelos suelen presentarse como limitante. En la Región Semiárida (RSP) y Suhúmeda Pampeana (RSHP) anualmente se registran entre 500 y 900 mm de lluvia concentrándose durante el período estival. Aún así, en este período se registran las mayores deficiencias hídricas, siendo limitante para los cultivos (Casagrande y Vergara 1996). Una alternativa frente al manejo del agua es la siembra directa (SD). Se ha comprobado que el agua almacenada durante el barbecho puede alcanzar el 50 % del agua consumida, afectando significativamente los rendimientos (Quiroga et al., 1999). La tecnología del barbecho químico es una herramienta que permite el control anticipado de malezas con herbicidas, minimizando el consumo de agua por parte de las mismas.

El nitrógeno (N) es el nutriente que limita en mayor medida la producción de girasol. Sumado a esto se presenta una manifiesta variabilidad regional en los contenidos de fósforo (P) asimilable, que pueden ir desde 2 hasta 50 ppm (Montoya et al., 1999). La fertilización con P depende del tipo de cultivo, clima y características del suelo (Stewart, 2003). Dada la baja movilidad de este nutriente es que factores tales como humedad, pH y temperatura determinan su disponibilidad. Se han usado tradicionalmente fertilizaciones a la siembra, al voleo o en la línea; o bien cortamente anticipada antes de la siembra.

Buscando aumentar la eficiencia en la captación de este nutriente por parte del cultivo se han probado recientemente fertilizaciones anticipadas durante el barbecho en SD de maíz y soja en Iowa (Mallarino, 2001). Otros trabajos exploratorios en la Región Pampeana han mostrado buenos resultados para las aplicaciones anticipadas de P al voleo bajo SD en trigo (Bianchini, 2003) y en maíz (Barbagelata y Paparotti 2000).

Por otro lado, para maximizar los rendimientos y las respuestas a la fertilización la disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo es determinante. Nuestros objetivos fueron: Evaluar el efecto de la longitud de barbechos de 0, 30 y 60 días y evaluar el efecto de los momentos y formas de aplicación de P solo y combinado con N sobre el rendimiento en grano en girasol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2005/06 se establecieron 6 ensayos de fertilización en SD en la RSP y RSHP, localizados en suelos con distintos niveles de P asimilable y materia orgánica total (MOT) (Tabla 1). Otros aspectos muy importantes a destacar en los diferentes ensayos fue el nivel de cobertura que presentaron los mismos al momento de iniciar la experiencia, cultivo antecesor, fecha de siembra y los híbridos con tolerancia genética a los herbicidas IMI utilizados (Tabla 2).

Tabla 1: Ubicación, tipo de suelos y algunas características de suelo.

Localidad	Provincia	Tipo de Suelo	pH	MOT (%)	P asimilable (ppm)	Prof. del perfil (m)
B. Esperanza	San Luis	Torripsament Típico	5.6	0.47	48.52	= a
			1			1.4
V. Valeria	San Luis	Torripsament Típico	6.4	0.99	52.29	= a
			2			1.4
Rancul	La Pampa	Haplustol Entico	6.7	0.96	68.32	= a
						1.4
C. Suarez	Buenos Aires	Haplustol Típico	5.8	3.3	13.6	= a
			9			1.4
H. Lagos	La Pampa	Haplustol Típico	5.5	0.95	17.01	= a
			5			1.4
Agustoni	La Pampa	Haplustol Típico	5.6	1.54	33.08	= a
			3			1.4

Se definieron dos períodos de barbechos químicos de 60 y 30 días, los cuales se realizaron con Glifosato más un herbicida residual (Sulfentrazone). Se aplicó P como superfosfato triple en una dosis de 20 kg/ha al voleo anticipado en los barbechos; y a la siembra aplicado en la línea y al voleo. En 4-6 pares de hojas se agregó N como urea en base a la cantidad de N de nitratos disponibles en el suelo hasta los 60 cm en el momento de la siembra, para una necesidad de 165 kg de N/ha para un rendimiento objetivo de 4000 kg/ha. En suelo se analizó en la capa arable MOT, N por Kjeldhal y textura. En capas de 20 cm hasta 140 cm o la tosca, humedad

por gravimetría a los 60 días, 30 días, a la siembra, en 4-6 pares de hojas, floración y cosecha. Se analizó N de Nitratos en capas de 20 cm hasta los 60 cm en los mismos momentos que la humedad de suelo. El P asimilable por Bray se midió en capas de 5 cm hasta 20 cm a los 60 días antes de la siembra y a la cosecha para cada uno de los tratamientos (testigo y con aplicaciones de P). Se determinó rendimiento en grano.

Tabla 2: Cultivo antecesor, nivel de cobertura, híbridos utilizados y fecha de siembra de los mismos.

Localidad	Cobertura (kg/ha)	Antecesor	Híbrido	Fecha de siembra
B. Esperanza	13986	Maíz	DK 4000	10-10-2005
V. Valeria	1324	Soja	DK 4000	10-10-2005
Rancul	3876	Girasol	DK 4000	15-10-2005
C. Suarez	4804	Trigo	NIDERA 101	20-10-2005
H. Lagos	3020	Soja	SPS 3104	13-10-2005
Agustoni	6982	Soja	PARAISO 102	19-10-2005

El diseño fue un factorial 3 {(barbechos: 0, 30 y 60 días)} x 3 {(P voleo: 0, 30 y 60 días)} x 2 (N: 0 y 1) y un factorial 3 (barbechos) x 2 (formas de aplicación de P (línea, voleo) x 2 (N: 0 y 1) con tres repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 10 m x 5 m (50 m²). Para cada ensayo toda la información se analizó por separado usando el procedimiento GLM de SAS (1988). Además se realizó un análisis combinado de los datos de rendimiento en grano y se usó un modelo con efectos fijo de tratamientos y aleatorizado de localidad y ensayo.

RESULTADOS

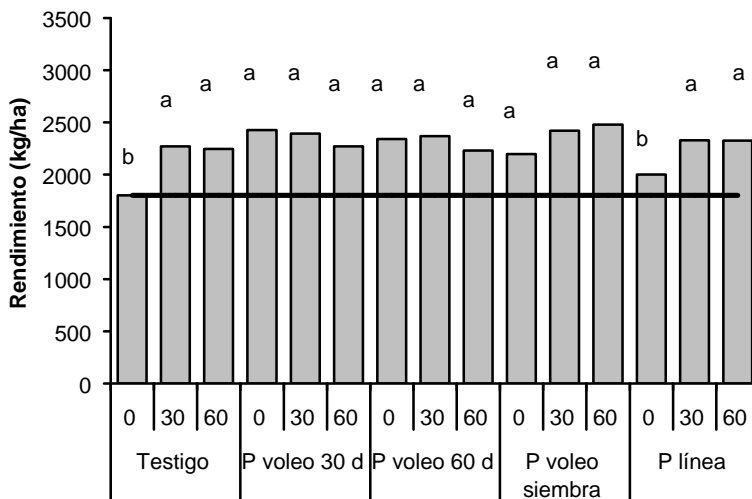
Los rendimientos fueron muy variables (730 a 2500 kg/ha) para los testigos sin fertilizar. En Coronel Suárez se expresó el mayor rendimiento (3750 kg/ha) con aplicación de N, P en la línea y barbecho de 60 días. La variabilidad en los rendimientos se produjo por las diferencias edáficas de los sitios en estudio, daños por granizo (Buena Esperanza), disponibilidad de agua en el período floración-cosecha y por la variabilidad en la respuesta a la fertilización que muestra el cultivo de girasol año tras año. En el análisis de los datos no

hubo interacción entre los sitios de ensayos y los factores en estudio, longitud del barbecho, momentos y aplicación de P y

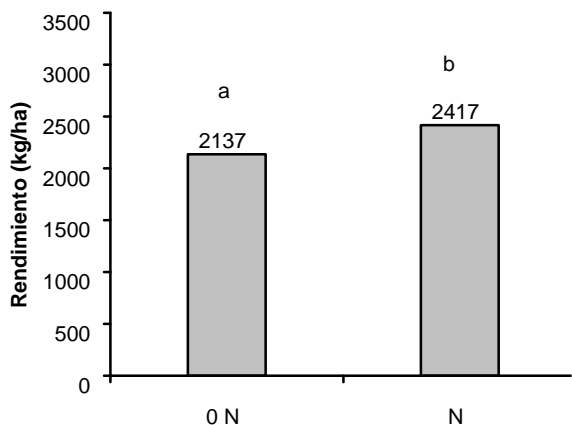
N. Por lo tanto, el análisis de los mismos se realizó en forma combinada ($p>0.53$). Sin embargo, existen efectos interactivos entre la longitud del barbecho y los momentos y formas de aplicación de P con respecto al testigo absoluto ($P<0.01$) (Figura 1a).

Efecto de la longitud de los barbechos: Aunque existe interacción entre los tratamientos de P y los barbechos, en todo el estudio hubo diferencias significativas ($p<0.01$) entre los barbechos. Los barbechos de mayor longitud (30 y 60 días) dieron lugar a los mayores rendimientos con respecto al testigo sin barbecho.

a)



b)



Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.01$)

Figura 1:a) Interacción de la longitud del barbecho, los momentos y formas de aplicación de P, b) Efecto de la aplicación de N sobre el rendimiento en grano.

En general, los contenidos de humedad a la siembra de los barbechos 30 y 60 días fueron mayores a los del testigo en los 6 sitios de ensayo (datos no mostrados). Estos resultados confirman los obtenidos por Quiroga *et al.* (2005) donde la longitud del barbecho afecta positivamente la acumulación de agua y principalmente en suelos de regiones donde el régimen de precipitaciones es más limitante. Montoya *et al.* (2005) para la RSP y RSHP concluyeron que los períodos de barbecho de 30 y 60 días aseguran llegar a la siembra del cultivo con el lote libre de malezas y una buena provisión de agua para el cultivo al momento de la siembra. Por otro lado, resultados obtenidos por Sá Pereira *et al.* (2004) trabajando con diferentes longitudes de barbechos para girasol, determinaron que los contenidos de agua en el suelo a la siembra fueron similares para todos los tratamientos pero obteniendo mayores rendimientos con los barbechos más prolongados.

Momentos y aplicación de P: Del mismo modo a pesar de la interacción entre P y barbechos, solo hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) entre todos los tratamientos con P (los momentos y formas de aplicación) con respecto al testigo sin fertilizar.

Efecto de la aplicación de N: No se detectaron interacciones con otras variables en estudio ($P > 0.34$). Hubo diferencias ($P < 0.01$) con la aplicación de N al voleo en 4-6 pares de hojas (Figura 1b).

CONCLUSIÓN

No hubo diferencias entre los barbechos de 30 y 60 días, sí las hubo, entre estos y los tratamientos sin barbecho.

Para los niveles de P y tipo de suelo bajo estudio, no hubo diferencias entre los momentos y formas de aplicación de P. Hubo respuesta a N, pero no hubo interacción con P ni a la triple interacción.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Convenio INTA-ASOCIACIÓN CIVIL FERTILIZAR.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbagelata P y O. Paparotti. 2000. Estrategias de fertilización fosforada del maíz en siembra directa. Jornadas de Intercambio Técnico de Maíz. AAPRESID. Rosario. Santa Fé.
- Bianchini A. 2003. Localización de fósforo en siembra directa. Simposio "El fósforo en la agricultura argentina". INPOFOS Cono Sur. 79-82 pp.
- Casagrande G, G Vergara. 1996. Caracterización climática de la región. En Buschiazzi D, J Panigatti, F Babinec (eds.). Labranzas en la región semiárida argentina. INTA. pp: 11-18.
- Mallarino A. 2001. Manejo de la fertilización con fósforo y potasio para maíz y soja en el centro-oeste de los Estados Unidos. Actas Jornada de Actualización Técnica para profesionales "Fertilidad 2001". INPOFOS Cono Sur. 2-7 pp.
- Montoya J., A. Bono, A. Suarez, F. Babinec, N. Darwich. 1999. Cambios en el contenido de fósforo asimilable en suelos desarrollados del este de la Provincia de La Pampa, Argentina, Argentina. Ciencia del Suelo 17 (1): 45-48.
- Montoya J., A. Gili, F. Babinec. 2005. Barbechos químicos: eficacia en el control de malezas y acumulación de agua en el perfil edáfico. Presentado al 3^{er} Congreso de Girasol. Buenos Aires 31 de mayo y 1 de junio de 2005.
- Quiroga A, O. Ormeño, A. Bono, N. Rodríguez, J. Montoya, F. Babinec. 1999. Aspectos del manejo de suelos y productividad del girasol en la región semiárida pampeana. Boletín de Divulgación Técnica N° 64. EEA Anguil INTA. 29 pp.
- Quiroga A., D. Funaro, R. Fernández y E. Noellemeyer. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. Ciencia del Suelo 23 (1):79-86.
- Sá Pereira E., S. Venanzi, H. Kruger. 2004. Verdeo de invierno previo al cultivo de girasol. Su influencia sobre el agua del suelo. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Simposio Nacional

- sobre Suelos Vertisólicos. Paraná, Entre Ríos. 22 al 25 de Junio de 2004. Resúmenes. Pag. 274
- SAS Institute, Inc. 1988. SAS/STAT User's Guide, Version 6.02 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 1088 pp.
- Stewart W. 2003. Nutrición fosforada en la producción de cultivos en el centro y sur de las grandes planicies de Estados Unidos. Simposio. El fósforo en la Agricultura Argentina. 8 y 9 de mayo de 2003. 27-33 pp.

ASPECTOS DEL MANEJO DEL AGUA Y LA NUTRICIÓN NITROGENADA DE MAÍZ EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA Y SUBHÚMEDA PAMPEANA

Alberto Quiroga^{1,2}, Matias Saks¹, Daniel Funaro¹, Romina Fernández¹.

¹INTA EEA Anguil; CC 11, 6326. Anguil (LP).

²Facultad de Agronomía. UNLPam. Ruta 35 Km 335. Santa Rosa (LP).

E-mail: aquiroga@anguil.inta.gov.ar

RESUMEN

La variabilidad de los rendimientos de maíz en la región semiárida y subhúmeda pampeana (RSP) resultan principalmente dependiente de las precipitaciones y del agua almacenada durante el periodo previo a la siembra. El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad del cultivo de maíz y su respuesta a la fertilización nitrogenada en Molisoles con distinta capacidad de retención de agua y distribuidos a través de un gradiente de precipitaciones Este-Oeste (850-650 mm). Se establecieron tres áreas de trabajo: Este de La Pampa (LP), Mari Lauquen (ML) y 30 de Agosto (TA), donde se establecieron ensayos para evaluar la respuesta a la fertilización con tres niveles de nitrógeno (0, 40, 80 Kg de N/ha). Los resultados promedios muestran que el gradiente de precipitaciones condicionó el rendimiento de grano del cultivo, los contenidos de agua total a la siembra y los contenidos de materia orgánica. Puede concluirse que la productividad de maíz se encuentra estrechamente relacionada con el gradiente de precipitaciones. Sin embargo, variaciones en los contenidos de agua útil en suelos bajo el mismo régimen de precipitaciones condicionaron la respuesta del cultivo a nitrógeno (N). Tanto del proveniente de la materia orgánica como del aportado por fertilización. El número de granos por espiga y la senescencia de las hojas resultaron los parámetros del cultivo más influenciados por N.

Palabras claves: Disponibilidad de agua, fertilidad de suelo, nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad de los rendimientos de maíz en la región semiárida y subhúmeda pampeana (RSP) resultan principalmente dependiente de las precipitaciones y del agua almacenada durante el periodo previo a la siembra. El espesor de suelo explorado por las raíces es otra de las variables que condiciona la biodisponibilidad de agua (Kramer, 1983) y el rendimiento de los cultivos. Al respecto, Passioura (1994) indica que variaciones en la disponibilidad de agua pueden afectar la modulación del área foliar, el crecimiento radical, la eficiencia por la cual las hojas intercambian agua por CO₂ y los procesos involucrados en la generación y en el llenado de granos.

Bajo estas condiciones surgen dos variables de importancia en la RSP, tendientes a caracterizar el efecto de la disponibilidad de agua para maíz, que son la profundidad efectiva de las raíces y el límite inferior de agua extractable (Dardanelli y Bachmeier, 1993). En relación con la profundidad efectiva se ha comprobado que la misma puede variar significativamente por efecto de deficiencias hídricas tempranas (Otegui, 1992) y diferencias genotípicas (Lorens y col., 1987; Eghball y Maranville, 1993) condicionando de esta manera la disponibilidad de agua. Estos aspectos resultan fundamentales considerando que en Molisoles de la RSP la reserva inicial de agua puede condicionar una baja eficiencia del uso del nitrógeno (N), tanto del aportado por fertilización (Quiroga et. al 2003) como por la materia orgánica (MO) del suelo (Funaro et. al, 2004). Lo cual puede afectar el número de granos y el rendimiento al condicionar la producción de biomasa (Cárcova et al., 2004) y también por la caída en la partición de la materia seca hacia los granos. Los efectos sobre el número de granos están más asociados con variaciones en la fijación de los mismos (fertilización y aborto de granos) que con variaciones en el número de espiguillas o granos potenciales (Uhart, 1995).

Por lo expuesto se plantea como hipótesis que factores relacionados con el régimen hídrico (precipitaciones y capacidad de los suelos para almacenar agua) y con la

disponibilidad de N, proveniente de la MO y/o fertilización, son principales condicionantes de la producción de maíz en la RSP.

El objetivo del trabajo fue evaluar la productividad del cultivo de maíz y su respuesta a la fertilización nitrogenada en Molisoles con distinta capacidad de retención de agua y distribuidos a través de un gradiente de precipitaciones (Ustoles y Udoles).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sobre Molisoles localizados en el Este de La Pampa y Oeste de Buenos Aires se condujeron 63 ensayos de fertilización durante un periodo de 4 años. Los suelos ubicados en el Este clasificaron como Hapludoles Típicos (franco a franco arenoso) y los del Oeste como Haplustoles Enticos (arenoso franco a franco arenoso). Los contenidos de MO total varían en la región entre 1.5 y 2.5 % y de materia orgánica joven (MOj) entre 3 a 22 Mg/ha. A través del gradiente de precipitaciones Este-Oeste (850-650 mm), se establecieron tres áreas de trabajo: Este de La Pampa.(LP), Mari Lauquen (ML) y 30 de Agosto (TA).

En las distintas áreas se establecieron ensayos para evaluar la respuesta a la fertilización con tres niveles de nitrógeno (0, 40, 80 Kg de N/ha). Se utilizaron parcelas de 100 m² de superficie utilizando un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones.

En muestras de suelo obtenidas de 0-20 cm se determinaron los contenidos de materia orgánica total (Walkley y Black), MOj (50-2000 μ m) obtenidas por tamizado en húmedo (Andriulo et al., 1991; Quiroga et al., 1996), N total (Kjeldahl) y textura (hidrómetro de Bouyoucous). Contenidos de humedad y agua útil a intervalos de 20 cm hasta los 200 cm (método gravimétrico), punto de marchitez permanente (a 1500 KPa, membrana de presión, Richards), nitratos de 0-20 cm y de 20-60 cm (extracto acuoso con sulfato de calcio y determinación calorimétrica con ácido cromotrópico). El contenido de fósforo disponible fue determinado por Bray-Kurtz I.

En maíz se efectuaron mediciones de biomasa aérea a cosecha, rendimiento de grano, peso de mil granos y nitrógeno en biomasa (Kjeldahl). Se realizaron análisis de correlación

entre algunas de las variables analizadas y análisis de la varianza para todas las variables. Cuando la diferencias entre tratamiento fueron significativas ($p < 0.05$) se utilizó la prueba Tukey de diferencias de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los contenidos de agua a la siembra, nitratos y rendimiento de grano variaron ampliamente entre sitios y áreas de trabajo, con tendencia a incrementar en función del gradiente de precipitaciones (Tabla 1).

Tabla 1: Rango de variación de los contenidos de agua, N-nitratos y rendimiento promedio de maíz durante cuatro años de estudio.

Años	Agua siembra (mm)	N-NO3- (Kg./ha.60cm)	Rendimiento(Kg./ha)		Precipitaciones oct-feb	N° ensayos
			Testigo	Fertilizado		
1996-1997	131-314	37-64	5833	6688	670	5
1997-1998	214-309	24-80	6360	7534	560	6
1998-1999	259-433	26-92	7152	7830	336	5
2002/2003	82-271	25-52	5364	6471	241	17
Mari Lauquen Bs. As						
Años	Agua siembra (mm)	N-NO3- (Kg./ha.60cm)	Rendimiento(Kg./ha)		Precipitaciones oct-feb	N° ensayos
			Testigo	Fertilizado		
1996-1997	219-276	46-119	7527	8144	617	4
1997-1998	279-330	39-58	9063	9545	697	3
1998-1999	326-431	67-87	2000	2000	375	2
2002/2003	371-615	67-135	8757	10432	453	4
30 de Agosto Bs. As						
Años	Agua siembra (mm)	N-NO3- (Kg./ha.60cm)	Rendimiento(Kg./ha)		Precipitaciones oct-feb	N° ensayos
			Testigo	Fertilizado		
1996-1997	315-419	35-114	8486	8691	564	5
1997-1998	402-454	27-64	9405	10283	705	3
1998-1999	598-711	74-95	7091	7591	405	5
2002/2003	256-499	65-284	10344	11242	430	6

La Figura 1a) muestra la distribución empírica de los 63 lotes seleccionados para establecer los ensayos de fertilización en función de los contenidos de agua total a la siembra. Los resultados muestran que la cantidad de agua total a la siembra varió entre las áreas estudiadas con promedios de 201, 355 y 425 para LP, ML y TA respectivamente, con niveles de nitrógeno que oscilaron entre 27 a 284 kg/ha y mostraron similar tendencia.

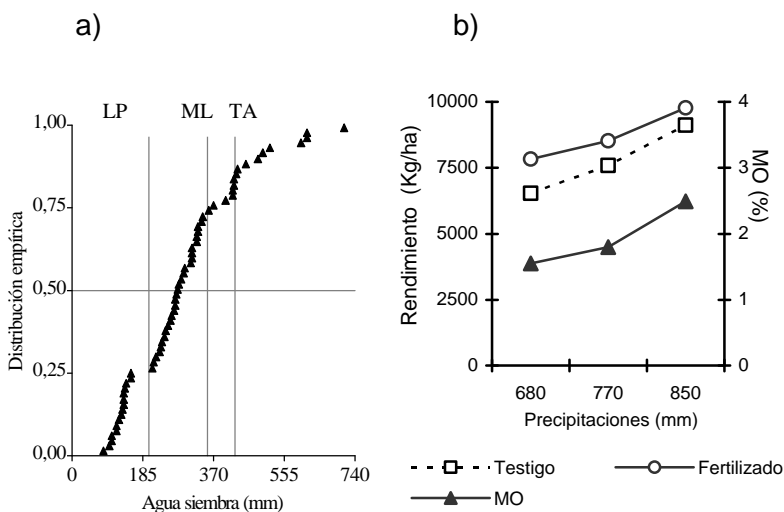


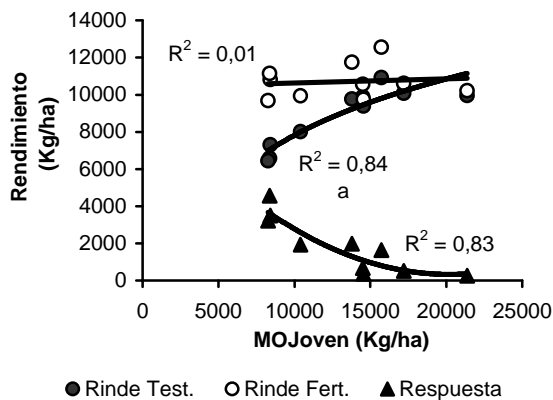
Figura 1a): Distribución de lotes destinados al cultivo de maíz en función de los contenidos de agua total (mm) a la siembra. Valores promedios para La Pampa (LP), Mari Lauquen (ML) y 30 de Agosto (TA). 1b): Efecto de las precipitaciones sobre el rendimiento de maíz sin fertilizar y fertilizado con N.

Relacionado con este gradiente de precipitaciones que también se comprobó en los contenidos iniciales de agua del suelo se registraron diferencias en el rendimiento promedio de grano del cultivo (LP= 6530, ML= 7590 y TA= 9100 Kg/ha) y en los contenidos de MO de los suelos (Figura 1b).

Para minimizar este efecto de la disponibilidad hídrica sobre el rendimiento de maíz que podría condicionar la respuesta a N, se evaluaron las relaciones entre MO-

rendimiento y fertilización nitrogenada-rendimiento en sitios con CRA útil mayor a 120 mm. Sobre esta base de análisis, los resultados de las Figuras 2a y b obtenidos en ensayos de ML y TA muestran como el rendimiento de maíz ($R^2 = 0,84$), los contenidos iniciales de N-nitratos en el suelo ($R^2 = 0,66$) y la respuesta a la fertilización ($R^2 = 0,83$) se relacionaron con los contenidos de MOj determinada en la fracción granulométrica 50-2000 μm . Al analizar estas relaciones en los ensayos de LP y teniendo en cuenta el amplio rango de variación en los contenidos de arcilla+limo entre lotes se estimó conveniente utilizar el índice que relaciona MO con granulometría (IMO).

a)



b)

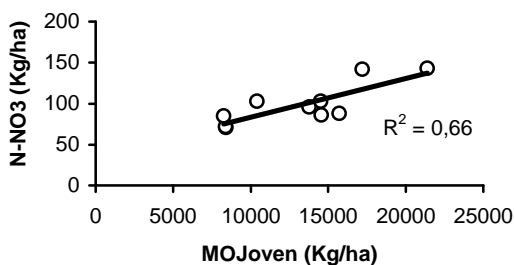


Figura 2 a) Efecto del contenido de MOj sobre el rendimiento de grano de maíz y b) sobre el contenido inicial de N-nitratos.

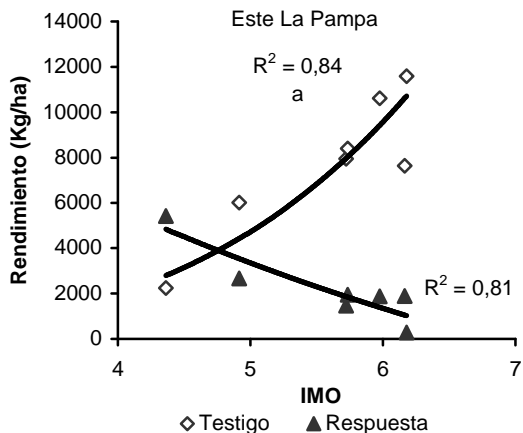


Figura 3: Influencia de variación en el índice (MO/arcilla+limo: IMO) sobre el rendimiento de maíz y la respuesta a la fertilización nitrogenada.

No se comprobaron diferencias significativas entre los tratamientos testigo ($R^2= 0,01$) y fertilizado ($R^2= 0,13$) con el IMO para el total de los sitios evaluados en LP. Sin embargo, cuando se agruparon los sitios de acuerdo a los contenidos de agua útil a floración se comprobó que en suelos con mayor disponibilidad hídrica la variación del rendimiento se relaciono con el IMO ($R^2= 0,84$) como así también la respuesta a la fertilización (Figura 3). A fin de evaluar con mayor precisión la influencia de la fertilización nitrogenada, se evaluaron distintos parámetros del cultivo en un sitio seleccionado por presentar bajo IMO (4,2) y contar con posibilidades de riego para minimizar los efectos de la disponibilidad de agua.

Tabla 2: Efecto de la fertilización sobre componentes de rendimiento de maíz. HA: hojas activas, HS: hojas senescentes.

	HA	HS	Biomasa Kg/ha	Número de hileras	Granos por hilera	Granos por espiga	Rendimiento Kg/ha
Testigo	6,3 a	6 a	12202 a	16,9 a	26,7 a	449 a	6582 a
N 40	9,9 b	2,1 b	17083 ab	17,2 a	34,2 b	587 b	10412 b
N 80	10,7 b	1,2 b	17073 ab	17,6 a	33,1 b	583 b	11152 c

Letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

La Tabla 2 muestra la influencia del nitrógeno en la determinación de los componentes de rendimiento evaluados durante llenado de grano, comprobándose una senescencia prematura de hojas basales en el tratamiento testigo respecto a los tratamientos fertilizados ($p < 0.05$). La disponibilidad de nitrógeno modificó el patrón de senescencia afectando el número de hojas activas del cultivo de 6,3 en el tratamiento testigo a 9,9 y 10,7 hojas activas para los tratamientos fertilizados respectivamente.

Asociado con la anticipación de la senescencia, el tratamiento testigo presentó significativamente mayor contenido de agua disponible en el suelo, menor número de granos por espiga y menor rendimiento.

Puede concluirse que en Molisoles de la RSP la productividad de maíz se encuentra estrechamente relacionada con el gradiente de precipitaciones, el cual condicionó los contenidos iniciales de agua y de MO de los suelos. Sin embargo, variaciones en los contenidos de agua útil en suelos bajo el mismo régimen de precipitaciones condicionaron la respuesta del cultivo a N. Tanto del proveniente de la MO como del aportado por fertilización. El número de granos por espiga y la senescencia de las hojas resultaron los parámetros del cultivo más influenciados por N bajo condiciones hídricas no limitantes.

Agradecimientos: Al personal de apoyo de la experimental y a los productores que nos facilitaron su apoyo para establecer y conducir las experiencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Cárcova J.; L. Borrás, M. Otegui. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. *In*: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. 2004. 133-163.
- Darnelli J. y O. Bachmeier. Profundidad efectiva de raíces y límite inferior de agua útil determinado en campo para diferentes cereales y oleaginosos. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Trabajos y Comunicaciones Resumidos. 1993. págs. 7-8.
- Eghball, B., J. Maranville. 1993. Root development and N influx of corn genotypes grown under convined drought and N stress. *Agronomy Journal*, 85:147-152.
- Funaro D., R. Fernández, A. Quiroga. 2004. Aspectos edáficos relacionados con el manejo del agua y la nutrición del maíz. En Producción de Maíz en Sistemas Mixtos, INTA Anguil, Bol. 81:18-30.
- Kramer, P. 1983. Water relations of plant. Academic Press. 480 pp. *In*: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. 2000. Cap. N° 7. págs. 173-206.
- Lorens G., J. Bennett, L. Loggale. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. I. Water relations and root length density. *Agronomy Journal*, 77:519-523.
- Otegui M. 1992. Incidencia de una sequía alrededor de anthesis en el cultivo de maíz. Consumo de agua, producción de materia seca y determinación del rendimiento. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 93 págs.
- Passioura J. 1994. The yield of crops in relation to drought. P. 343-359. En: K. J. Boote, J.M. Bennett, T. R. Sinclair, y G. M. Paulsen (ed). « Physiology and Determination of Crop Yield”. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA. *In*: Fertilidad física de los suelos. Miguel A. Taboada y Federico G. Micucci. P. 11-26.
- Quiroga A., D. Buschiazzo, N. Peinemann. 1996. Soil organic mater particle size fractions in soils of semiarid Argentinean Pampas. *Soil Sci*. 161: 104-108.

- Quiroga A, D. Funaro, O. Ormeño, A. Bono, C. Scianca. 2003. Manejo del agua para los cultivos de girasol y maíz en suelos de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. In: Cultivos de cosecha gruesa. Actualización 2003. Publicación Técnica N° 77. 55-59.
- Uhart S. 1995. Deficiencias de nitrógeno en maíz: efectos sobre el crecimiento, desarrollo y determinación del rendimiento. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Agrarias, UNMP.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA DE TRIGO EN LA REGIÓN SUBHÚMEDA PAMPEANA

Carlos Scianca¹, Cristian Álvarez¹, Miriam Barraco¹, Martín Díaz-Zorita²

¹ EEA INTA General Villegas, CC 153 (6230)

² CONICET-FAUBA y Nitragin Argentina S.A.

E-mail: cscianca@correo.inta.gov.ar

RESUMEN

Nuestro objetivo fue evaluar la evolución del consumo de agua y sus efectos sobre los rendimientos de cultivos de trigo bajo prácticas contrastantes de siembra y fertilización nitrogenada. El estudio se desarrolló sobre un suelo Hapludol Típico, con antecesor girasol. Se sembró trigo (var. Guapo) en 2 densidades de siembra (285 y 380 plantas/m²) y dos tratamientos de fertilización con nitrógeno (N) en macollaje (0 y 46 kg/ha de N). Mensualmente se determinó el contenido gravimétrico de agua (0 a 140 cm) y se midió la producción de granos y componentes del rendimiento. Los rendimientos (4934 a 2342 kg/ha) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos de densidad de siembra. No se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre tratamientos de fertilización nitrogenada. No obstante, esta práctica permitió mejorar en un 60 % la eficiencia de uso del agua en los tratamientos de alta densidad de siembra pasando de 6,7 a 10,5 kg grano/mm de agua consumida para los tratamientos sin y con fertilización, respectivamente. En ambientes como el estudiado es de mayor relevancia considerar el efecto de las densidades de siembra sobre la eficiencia de uso del agua que en condiciones de limitación podrían generar restricciones en estadios avanzados por mayores consumos iniciales. La práctica de fertilización con N en la siembra de trigo no afectaría significativamente el consumo de agua del cultivo.

Palabras claves: Cereales, Nitrógeno, Uso consuntivo

INTRODUCCIÓN

En regiones semiáridas y subhúmedas es significativa la influencia del manejo del agua del suelo sobre la productividad de los cultivos y sobre el nivel de respuesta a la fertilización nitrogenada. En la región arenosa de Canadá se ha observado que el agua y los nitratos son los principales determinantes de la productividad de los cultivos de cereales, dando esto una estrecha relación entre la variación en la eficiencia de uso del nitrógeno disponible (entre 4 y 41 kg de grano por kg de N aplicado) y el uso de agua por el cultivo de trigo (Campbell et al., 1993). En la región semiárida pampeana Quiroga et al. (1993 y 1996), entre otros autores, describieron resultados similares sobre Haplustoles Enticos, mostrando una influencia significativa de los contenidos de agua en el uso consuntivo de cultivos de trigo establecidos en siembra directa (SD). Al mejorar la oferta hídrica se mejoran los rendimientos requiriéndose mayores aportes nitrogenados para alcanzar altos rendimientos. Por otro lado, en las condiciones normales de producción en lotes agrícolas, limitaciones en la disponibilidad nitrogenada durante estadios vegetativos limitarían la capacidad del cultivo de acumular biomasa hasta floración y sus rendimientos. Por lo tanto, la adecuada fertilización con N mejoraría la eficiencia de uso de agua en el cultivo de trigo en la región subhúmeda pampeana.

El objetivo de este estudio fue, evaluar la evolución del consumo de agua y sus efectos sobre los rendimientos de cultivos de trigo en ambientes representativos de la región semiárida y subhúmeda pampeana, bajo prácticas contrastantes de densidad de siembra y de fertilización nitrogenada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se desarrollaron en la EEA INTA General Villegas (Drabble, Buenos Aires) sobre un suelo Hapludol Típico de textura franco arenosa. El cultivo antecesor fue Girasol. Se evaluaron 2 tratamientos: (i) densidad de siembra (90 y 120 kg/ha, equivalentes a 285 y 380 plantas/m²) y (ii) tratamiento de fertilización con N (0 y 46 kg N/ha). La aplicación

se realizó en estado de 4 hojas, al voleo y la fuente nitrogenada fue urea. El cultivo de trigo (var. Guapo) se sembró (20 de junio) bajo prácticas de cero labranza (control químico de malezas) y a 0,175 m de distanciamiento entre hileras de siembra.

Mensualmente (de julio a diciembre) se evaluó el contenido gravimétrico de agua del suelo (AT, 0 a 140 cm) para la determinación del uso consuntivo (UC) según el siguiente cálculo,

$$UC \text{ (mm)} = AT \text{ inicial (mm)} + \text{precipitaciones (mm)} - AT \text{ final (mm)}.$$

En estadios de madurez fisiológica de los cultivos se determinó la producción de grano y sus componentes [(densidad de espigas, peso individual de los granos (PG) y número de granos por unidad de superficie (NG)]. La eficiencia de uso del agua (EUA) se calculó a partir del cociente entre la producción de granos y el UC de cada tratamiento.

El diseño experimental fue en bloques con parcelas divididas con 3 repeticiones, siendo la densidad de siembra el factor principal y la fertilización con urea la subparcela. Los resultados se analizaron por ANOVA y test de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos de los cultivos variaron entre 2342 a 4934 kg/ha mostrando diferencias significativas entre tratamientos de densidad de siembra ($p < 0,05$), la densidad de espigas por unidad de superficie varió entre 311 y 560 espigas/m² no encontrando diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) (Tabla 1). La información disponible no fue suficiente para describir respuestas significativas en producción de granos entre tratamientos de fertilización nitrogenada para bajas densidades de plantas. En cambio, para altas densidades de siembra se observó un aumento de rendimiento equivalente 1434 kg/ha mediante el aporte de N. Este aumento fue explicado por el número de granos por m² y no por variaciones en el peso de éstos (Tabla 1).

Tabla 1: Efecto de la densidad de siembra y la fertilización con N (FN) sobre el rendimiento en grano de trigo, peso individual de los granos (PG mg/g) y número de granos por unidad de superficie (NG). Letras en sentido vertical muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

Densidad de siembra	FN	Rendimiento (kg/ha)	N° espigas/m ²	PG (mg/g)	NG/m ²
Alta	No	2809 a	348 a	33 ab	8493 b
	Si	4243 b	441 a	36 a	11788 a
Baja	No	3624 a	415 a	32 b	11338 ab
	Si	3634 a	407 a	32 b	11400 ab

No obstante, la práctica de fertilización permitió mejorar aproximadamente en un 60 % la eficiencia de uso del agua. En los tratamientos de alta densidad de siembra con aumentos de 6,7 a 10,5 kg grano/mm para los tratamientos sin y con fertilización con N, respectivamente (Tabla 2) y el uso consuntivo en las 2 densidades de cultivo evaluadas. Si bien en algunos momentos del desarrollo de los cultivos se detectaron diferencias en el consumo de agua entre tratamientos de fertilización, los efectos sobre esta variable fue de mayor magnitud en asociación con la cantidad de plantas sembradas (Tabla 3).

Tabla 2: Efecto de la densidad de siembra y la fertilización con N (FN) sobre el uso consuntivo (UC) y la eficiencia de uso del agua (EUA).

Densidad de siembra	FN	UC (mm)	EUA (kg grano/mm agua)
Alta	No	394 a	6,7 a
	Si	415 a	10,5 b
Baja	No	411 a	8,1 a
	Si	456 a	7,9 a

Letras en sentido vertical muestran diferencias significativas entre tratamiento para una misma densidad ($p < 0,05$).

Tabla 3: Efecto de la densidad de siembra y la fertilización con N sobre el uso consuntivo.

Densidad de siembra	Fertilización con N	Días desde la siembra			
		0 a 30	30 a 75	75 a 110	110 a 170
Alta	No	60 a	95 b	16 b	254 a
	Si	60 a	105 a	6 a	249 a
Baja	No	36 a	50 a	35 a	253 a
	Si	35 a	52 a	36 a	251 a

Letras en sentido vertical muestran diferencias significativas entre tratamientos para una misma densidad ($p < 0,12$).

En las condiciones de este estudio, la fertilización con N permitió en prácticas de manejo con altas densidades de siembra mejorar el rendimiento y EUA del cultivo de trigo en aproximadamente un 60 % y el UC en un 6 %. Estos resultados sugieren que las prácticas de manejo de agua en estos ambientes no sólo deben centrarse en su captación y almacenamiento, sino además en la estratégica integración con prácticas de nutrición del cultivo. En síntesis, para ambientes como el estudiado es de mayor relevancia considerar el efecto de las densidades de siembra sobre la eficiencia de uso del agua que en condiciones de limitación podrían generar restricciones en estadios avanzados por mayores consumos iniciales. Además de comprobarse que el efecto fertilización no modificaría este patrón de consumo de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Campbell C., R. Zentner, F. Selles, B. Mc Conkey, F. Dyck. 1993. Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero-tillage: yields and nitrogen use efficiency. *Ageon. J.* 85:107-114.
- Quiroga A., M. Diaz-Zorita, E. Adema. 1993. Fertilización nitrogenada de verdeos en la región semiárida pampeana. XIV Congreso AACS, Mendoza.
- Quiroga A., F. Babinec, O. Ormeño, L Goñi. 1996. Labranza conservacionista y fertilización de trigo, en la región semiárida pampeana. XV Congreso AACS, La Pampa.