



TESIS FINAL DE GRADUACIÓN

EFFECTO DE LA HUMEDAD EDÁFICA Y LA DISPONIBILIDAD DE NITRATOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAÍZ EN DOS AMBIENTES DE LA REGION SEMIARIDA PAMPEANA

Autores: Etchegaray Jorge - Vázquez Mariano.

Director: Elke Noellemeyer.

Carrera: Ingeniería Agronómica.

Institución: Facultad de Agronomía – Universidad Nacional de La Pampa.

Año: 2011

Índice

Introducción.....	pág. 3
Materiales y Métodos.....	pág. 5
Resultados y discusión.....	pág. 10
Conclusiones.....	pág. 18
Bibliografía.....	pág. 19

Introducción

En la región semiárida pampeana las precipitaciones no logran cubrir los requerimientos de uso consuntivo de los cultivos, sumado a esto la baja capacidad de retención de agua de sus suelos, limitan los rendimientos. Por eso, es necesario hacer un buen manejo del agua contemplando su captación, almacenamiento y eficiencia de uso por parte del cultivo.

Sin embargo, en muchas áreas de esta región existen napas freáticas relativamente cercanas a la superficie en las partes más bajas de la topografía. La utilización de agua subterránea por parte de diferentes cultivos ha sido ampliamente documentada. Varios estudios en diferentes partes del mundo, han demostrado que una amplia gama de cultivos puede extraer cantidades significativas de su requerimiento de agua de la napa freática (Ayars et al., 2006; Ayars et al., 1999). Grismer y Gates (1988, citado en Sepaskah et al., 2003) encontraron que en condiciones de aridez, la capa freática puede contribuir hasta el 60-70% del requerimiento de agua de un cultivo. La disponibilidad del agua subterránea disminuye a medida que se incrementa la profundidad de la referida capa (Ayars et al., 1999).

En los últimos tiempos, productores e investigadores, se han enfocado a una agricultura de precisión que tiene implícito el concepto de sitio específico, el que fuera definido por Whelan y Mc Bratney (2000) como la “*Adecuación de la aplicación de recursos y de prácticas agronómicas a los requerimientos de suelo y cultivos tal como estos varían en el espacio y el tiempo dentro de un potrero*”.

El principal aspecto a tener en cuenta en la referida región, para realizar un manejo diferencial, es la disponibilidad hídrica del perfil. El agua mantiene turgente las plantas,

permitiendo que se lleven a cabo todas las reacciones metabólicas y es el medio por el cual ingresan los nutrientes.

Uno de los principales nutrientes es el nitrógeno (N) que está disponible en forma de nitrato (NO_3^-). En la región se observan bajos niveles de este elemento tan esencial, ya sea por las propias características del ambiente, como por los continuos laboreos en los primeros centímetros del suelo. Con mayores niveles de N orgánico se podrán tener nitratos en el perfil, que en general se encuentran a niveles altos al momento de siembra del cultivo y luego descienden a la cosecha (Bono y Romano, 2007).

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 nitrógeno es el nutriente que influye en mayor medida sobre la productividad de este cereal (Echeverría et al. 2000).

Con lo expuesto anteriormente, una de las prácticas de manejo a tener en cuenta es la fertilización nitrogenada. Como en el caso del maíz donde, generalmente, se hace una aplicación a la siembra y otra a V_6 - V_8 ó fraccionando la dosis entre estos dos momentos (Bono y Romano, 2007).

Antes de decidir la fertilización se debe diagnosticar el N disponible en el sistema suelo a través de análisis de marcadores, como lo puede ser la determinación de nitratos en la solución del suelo.

El **objetivo** de este proyecto de trabajo es observar como la humedad edáfica influye sobre la disponibilidad de N en el suelo, en tratamientos con ó sin fertilización, alta y baja densidad de siembra, situados en dos ambientes diferentes, loma y bajo.

La **hipótesis** que se plantea es que la fertilización nitrogenada, en condiciones de humedad edáfica óptimas, mejora la disponibilidad de nitratos en el suelo.

Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo en la región semiárida central (Centro de la Provincia de La Pampa), entre las isohietas de 800 – 600 mm anuales. Se ha realizado un convenio de Vinculación Tecnológica con el grupo CREA “Atreuco” que dispone de un campo en Doblas (L.P.), ubicado geográficamente a 37°12’ LS y 64°01’ LO, para llevar a cabo el ensayo de campo.

Dentro del establecimiento se seleccionó un potrero que presenta marcadas diferencias de relieve, con una situación de loma (L) de textura más arenosa y con capa freática profunda y otra situación de bajo (B) de textura más fina con capa freática cercana a la superficie.

Por otra parte se utilizó la relación MO/limo+arcilla (Quiroga et al., 2006) para caracterizar la calidad física e inferir sobre distintos aportes de N de los suelos durante el ciclo de los cultivos. En cada potrero fue sembrado un cultivo de maíz.

Tratamientos:

Se contemplaron tres factores en el diseño de los ensayos:

1. Ambiente: L = loma; B = bajo
2. Densidad de siembra: D₁ = densidad baja; D₂ = densidad alta.
3. Fertilización: F₁ = sin fertilizar, o fertilización mínima de acuerdo al uso común de los productores de la zona; F₂ = fertilización alta para un cultivo de alto rendimiento.

Diseño experimental:

Se utilizó un diseño en franjas apareadas con tres repeticiones, y parcelas divididas por el factor ambiente. El ancho de parcela estuvo determinado por el ancho de la sembradora disponible, mientras que el largo fue de 100 m, incluyendo las diferencias topográficas.

El diseño de las parcelas quedó de la siguiente manera.

PARCELA NORTE

↑ Norte

D 1	D1	D2	D2	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1
F 2	F1	F1	F2	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F2	F2

PARCELA SUR

↑ Norte

D 2	D2	D1	D1	D1	D1	D2	D2	D1	D2	D1	D2
F 2	F1	F1	F2	F2	F1	F2	F1	F2	F2	F1	F1

D 1: 2,7 plantas/m²

F 1: No Fertilizado

D 2: 4,7 plantas/m²

F 2: Fertilizado 800 kg/ha (Nitrocomplex; 20%N, 17%P)

Caracterización de ambientes:

En el lote de estudio se marcaron dos parcelas de trabajo, la parcela Norte y la Sur, las cuales presentan diferencias en cuanto a sus características físicas, edáficas y su profundidad con respecto a la capa freática.

Dentro de cada parcela se determinaron los dos ambientes objeto de estudio: la loma y el bajo.

En la **parcela Norte** el *ambiente de loma* se caracterizó como un suelo de textura franco-arenoso en los primeros 20 cm del perfil y luego hasta los 120 cm por un suelo de textura arenoso-franco, con un porcentaje promedio de arena del 81%; con bajos contenidos de materia orgánica (MO), valores medios a bajos de fósforo (P), pH levemente alcalino y densidad aparente (DA) promedio para todo el perfil de 1,2 g/cm³.

El *ambiente de bajo* se caracterizó por un suelo de textura franco arenoso en los primeros 100 cm del perfil, con un porcentaje promedio de arena del 75%; con bajos contenidos de MO, con valores muy bajos de P en los primeros 40 cm y valores más elevados de este nutriente en profundidad, pH levemente alcalino y densidad aparente promedio para todo el perfil de 1,3 g/cm³.

Tabla 1: Ambiente de Loma y Bajo Parcela Norte: profundidad de perfil, contenido de materia orgánica (MO), fósforo disponible (P), pH, densidad aparente (DA), fracciones de arcilla, limo y arena, textura, capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) (CC y PMP estimados con el modelo SPAW).

Parcela	Transecta	Profundidad	MO	P	pH	DA	Arcilla	Limo	Arena	Arcilla	Limo	MDLA	Textura	CC	PMP
		cm	%	ppm		g/cm ³	%							%	
Norte	Loma	0-20	17	46	76	1,1	101	17,2	72,7	27,3	64	francoarenoso			
Norte	Loma	40-60	02	62	81	1,3	57	102	84,1	15,9	1,1	arenoso-franco	153	73	
Norte	Loma	100-120	02	122	78	1,2	36	98	86,6	13,4	1,2	arenoso-franco			
Norte	Bajo	0-20	17	27	72	1,2	123	23,5	64,2	35,8	47	francoarenoso			
Norte	Bajo	40-60	03	257	82	1,3	79	151	77,0	23,0	1,4	francoarenoso	181	85	
Norte	Bajo	100-120	01	26	80	1,4	53	111	83,6	16,4	0,6	arenoso-franco			

En la **parcela Sur** el *ambiente de loma* se caracterizó por un suelo de textura arenosa en todo su perfil, con un porcentaje de arena promedio del 90%; con bajos contenidos de materia orgánica (MO), valores bajos de fósforo (P), pH levemente ácido y densidad aparente promedio para todo el perfil de 1,4 g/cm³.

El *ambiente de bajo* se caracterizó por un suelo de textura arenosa en todo el perfil, con un porcentaje promedio de arena del 89%; con bajos contenidos de MO, con valores bajos de P, pH levemente ácido y densidad aparente promedio para todo el perfil de 1,4 g/cm³.

Tabla 2: Ambiente de Loma y Bajo Parcela Sur: profundidad de perfil, contenido de materia orgánica (MO), fósforo disponible (P), pH, densidad aparente (DA), fracciones de arcilla, limo y arena, textura, capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) (CC y PMP estimados con el modelo SPAW).

Parcela	Transecta	Profundidad	MO	P	pH	DA	Arcilla	Limo	Arena	Arcilla	Limo	MO/LA	textura	CC	PMP
		cm	%	ppm		g/cm ³	%							%	
Sr	Loma	0-20	05	38	58	14	54	65	880	120	43	arenoso			
Sr	Loma	40-60	04	46	66	13	56	42	901	99	36	arenoso	75	28	
Sr	Loma	100-120	02	36	64	14	32	45	922	78	24	arenoso			
Sr	Bajo	0-20	08	11,6	64	15	67	7,1	862	138	59	arenoso			
Sr	Bajo	40-60	02	42	65	15	44	44	912	88	21	arenoso	94	44	
Sr	Bajo	100-120	01	37	67	14	41	51	908	92	14	arenoso			

Muestreo:

En cada parcela se determinaron las siguientes variables:

1. Contenido de nitratos a intervalos de profundidad de 0-20; 40-60 y 100-120 cm.
Determinación por extracción con agua destilada y sulfato de calcio, valoración colorimétrica salicilato de Na.
2. Humedad edáfica a intervalos de profundidad de 0-20; 40-60 y 100-120 cm.

Los muestreos de nitratos se realizaron en tres fechas a lo largo del ciclo fenológico del cultivo, y a la siembra del cultivo.

Los muestreos de humedad se realizaron a la siembra y luego a intervalos de cada 15 días durante el desarrollo fenológico del cultivo.

Las variables fueron evaluadas estadísticamente por ANOVA y relacionadas mediante Análisis de Regresión Simple mediante el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2007).

Pluviometría:

En la tabla 3 se presentan las precipitaciones registradas durante el período vinculado al ensayo (agosto 2008 – marzo 2009), registrando un total de 219 mm, lo que representó el 40% de las precipitaciones históricas (1921 - 2009) para dicho período.

Tabla 3: Precipitaciones registradas e históricas para el período considerado en mm/mes para la localidad de Doblas (LP), localizada a 10 km al norte del ensayo.

	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TCA
mm/mes	3	35	5	4	6	20	55	37	219
mm/mes 1921-2009	217	415	778	764	781	722	751	877	5305

Fuente: Administración Provincial del Agua, Provincia de La Pampa.

Observación:

Cuando trascurría aproximadamente la mitad del ensayo, los primeros días del mes de febrero y con el cultivo en un estado fenológico de VT-R1; una granizada removi6 toda el 6rea foliar del mismo, por lo que se decidi6 modificar la variable respuesta rendimiento (no hubo) por las variables altura de planta (metros) e 6ndice de verdor (SPAD) que fueron determinadas en el muestreo anterior a dicha adversidad.

Resultados y discusión

Teniendo en cuenta el objetivo de este trabajo y los factores que afectan a los cultivos en la región semiárida pampeana se pudieron observar diferencias importantes en el contenido hídrico de los suelos entre las parcelas (norte y sur) y entre los diferentes ambientes (loma y bajo) dentro de las mismas. En lo que respecta a nitratos, no se observaron tales diferencias.

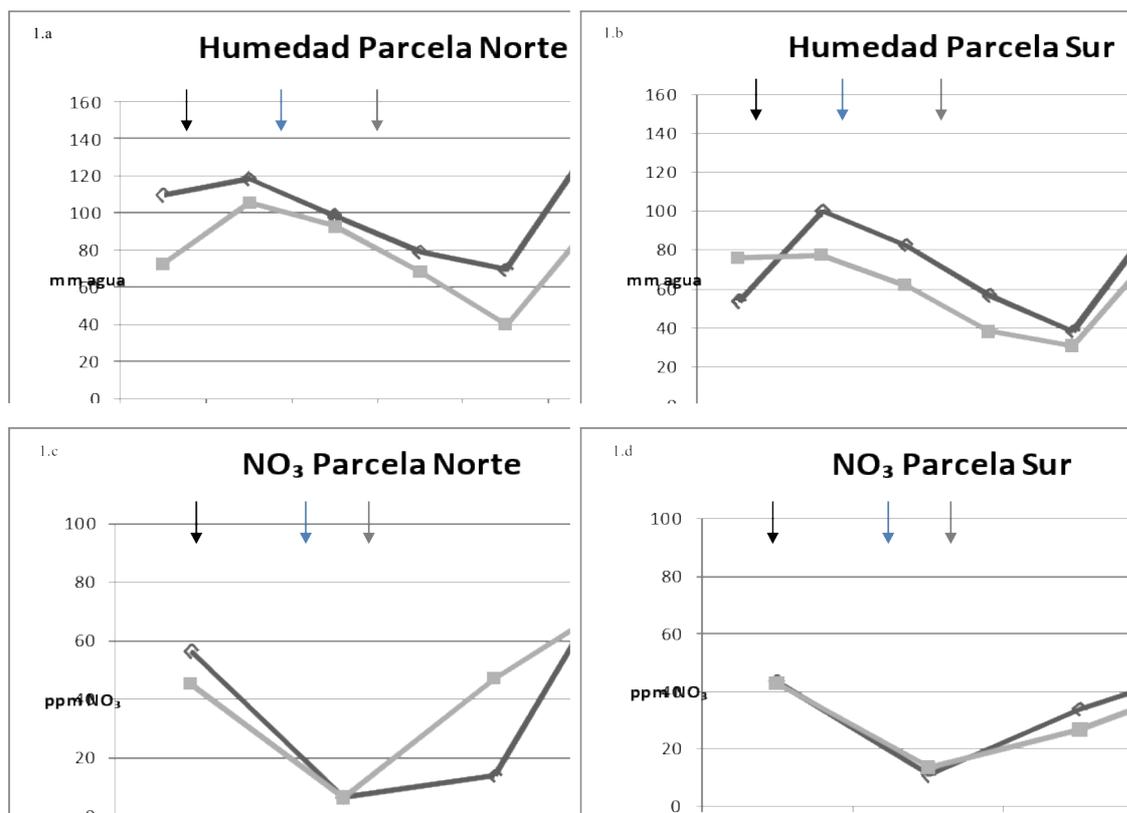


Figura 1: a) Contenido de humedad (mm agua) parcela norte; b) Contenido de humedad (mm agua) parcela sur; c) Contenido de NO₃⁻ (ppm) parcela norte; d) Contenido de NO₃⁻ (ppm) parcela sur. Líneas claras = ambiente Loma; líneas oscuras = ambiente Bajo. Flecha negra: fecha de siembra; flecha azul: fecha fertilización; flecha gris: fecha de granizo.

Al analizar los gráficos se observa la variación del contenido hídrico del suelo a lo largo del período en que se desarrolló el ensayo. Mostrando, tanto para las dos parcelas como para los dos ambientes, la misma dinámica. Esto marca o define, una importante caída en el contenido de humedad desde la siembra hasta el estado fenológico de VT-R1, momento en el cual el

cultivo deja de consumir agua como consecuencia de la adversidad sufrida (granizo), y posteriormente comienza a aumentar por las precipitaciones registradas.

El mayor contenido hídrico correspondió a la parcela norte con respecto a la sur, esta diferencia se debe a su textura más fina, que le permite almacenar mayor cantidad de agua en el perfil.

Dentro de cada parcela también se observaron claramente las diferencias entre los dos ambientes, con mayores contenidos hídricos del bajo con respecto a la loma. Esta diferencia entre ambientes refleja las diferencias topográficas, y la textura más fina y mayor capacidad de retención de agua en los ambientes bajo (Figura 1.a y 1.b).

Al analizar la evolución de los contenidos de nitratos se constató que en ambos ambientes, la dinámica fue similar.

En la parcela norte, al inicio del ensayo, había una importante acumulación de rastrojo del cultivo antecesor (sorgo granífero). Esto permitió, a través de la mineralización del mismo, la acumulación de nitratos en el perfil, los cuales, disminuyeron hasta la fecha del primer muestreo, presumiblemente por el consumo por parte del cultivo.

Lo expuesto podría haber determinado que la disponibilidad de nitratos para el cultivo sea menor, sobre todo en el ambiente bajo de la parcela norte. Por lo que, a medida que el cultivo se desarrolló, los contenidos de nitratos continuaron declinando hasta la fecha en que se efectuó la fertilización. A partir de ésta, se observó una tendencia en aumento en los contenidos de nitratos, que fue más marcada en la loma. Esta diferencia entre loma y bajo, podría asociarse a la disponibilidad hídrica, que fue más baja en la loma. Esto, tal vez, no permitió el uso del fertilizante por parte del cultivo.

En el bajo se registró un contenido hídrico más alto, por lo cual se presume que el cultivo pudo utilizar el nitrógeno añadido (Figura 1.c).

En la parcela sur se registraron menores contenidos de nitratos que en la parcela norte durante todo el ciclo del cultivo. Esta diferencia podría explicarse a través de la baja relación MO/limo+arcilla en la parcela sur, lo que limitaría la mineralización y el aporte de nitrógeno.

Al igual que en el ambiente loma de la parcela norte, la limitante hídrica podría haber impedido la utilización del nitrógeno aportado por el fertilizante en los dos ambientes de dicha parcela, por lo que se observó mayor acumulación de este elemento.

Un aspecto importante a resaltar que presenta este tipo de suelo, es que si bien tienen un alto porcentaje de arena y un bajo porcentaje de materia orgánica, la acumulación de nitratos fue importante como consecuencia de una considerable tasa de mineralización. Esto se ve claramente en la pendiente ascendente de las figuras 1.c y d después de la granizada, donde ya no había consumo por parte del cultivo. En la mayoría de los casos esta capacidad de mineralización de nitratos pasa desapercibida debido al consumo por parte del cultivo o pérdidas por lixiviación.

A continuación se presentará una descripción más detallada de las variables estudiadas y los resultados obtenidos del análisis estadístico.

Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en los contenidos de humedad para las dos parcelas, registrándose valores promedios de 85.43 mm y 61.61 mm para la parcela norte y sur respectivamente. No se hallaron diferencias significativas en los contenidos de nitratos, en donde las dos parcelas mostraron medias alrededor de 28.5 ppm. Es importante considerar el alto valor (81.36) de coeficiente de variación (CV) que presentan los datos de nitratos en estos ambientes, indicando así grandes variaciones espacio-temporales dentro de un mismo lote.

Tabla 4: Diferencias de medias de mm de agua y NO₃ hasta los 120 cm de profundidad entre parcelas y ambientes hasta el estado fenológico VT-R1. (Tukey p<0,05). Letras diferentes verticalmente indican diferencias estadísticamente significativas.

Parcela	Ambiente	mm agua	ppm NO ₃
Norte	Bajo	92.52 a	25.63 a
Norte	Loma	78.35 b	32.88 a
Sur	Bajo	66.37 c	29.30 a
Sur	Loma	56.86 c	27.54 a
CV		33.56	81.41
N		60	36

Los contenidos hídricos de los suelos se diferenciaron de acuerdo a la parcela y el ambiente, con valores mayores en la parcela norte y en los ambientes bajo.

La parcela norte mostró una diferencia de 14 mm ($p < 0.05$) en el contenido hídrico entre el bajo y la loma. En la parcela sur, por el contrario, la diferencia de 9,5 mm entre los ambientes no resultó significativa. En lo que respecta a nitratos no existieron diferencias ($p < 0.05$) entre los ambientes de ambas parcelas y dentro de cada parcela, pudiéndose decir que todo el conjunto presentó similar comportamiento.

Influencia de la fertilización y densidad sobre los contenidos de agua y nitratos.

Al estudiar como los tratamientos fertilización y densidad influían sobre los contenidos de humedad del suelo, se pudo determinar que ninguna de las dos variables afectó los contenidos de humedad del perfil en ambas parcelas, esto sería un indicativo de la independencia que presentan estos ambientes en cuanto a la densidad de siembra (Figura 2).

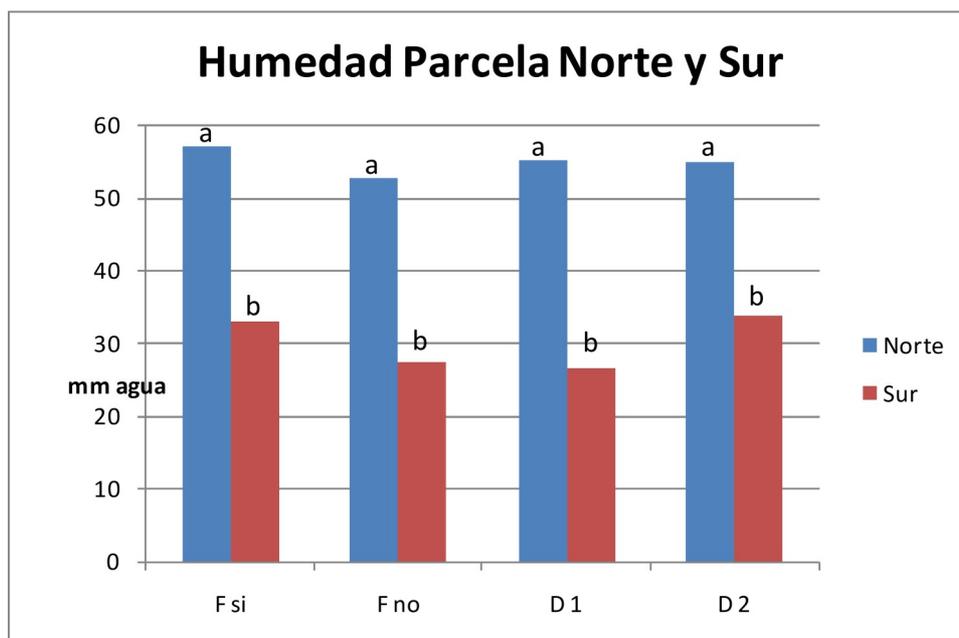


Figura 2: Contenidos de humedad para la parcela Norte y Sur. Letras diferentes indican diferencias $p < 0.05$.

Al analizar como la fertilización influyó sobre el contenido de nitratos (Figura 3), en la parcela norte se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos fertilizados y no fertilizados con valores medios de 45.2 ppm y 15.7 ppm respectivamente, encontrándose la mayor cantidad en la loma. En este ambiente las mayores concentraciones de N se hallaron en los primeros 20 cm del perfil, mientras que en el bajo la mayor acumulación se registró a mayores profundidades (datos no presentados). Esta diferencia entre ambientes indicaría que en la loma habría menor lixiviación de este elemento que en el bajo.

Por su parte, la variable densidad arrojó diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos de baja y alta densidad a favor de los primeros, en los cuales el contenido de nitratos fue de 40.13 ppm. La interacción fertilización-densidad resultó diferente ($p < 0.05$), en donde se constató que el tratamiento a baja densidad fertilizado, arrojó los mejores resultados asociados a la aplicación de nitrógeno y al menor consumo del cultivo como resultado de la baja densidad. Los demás tratamientos se comportaron de forma similar entre sí (Figura 3).

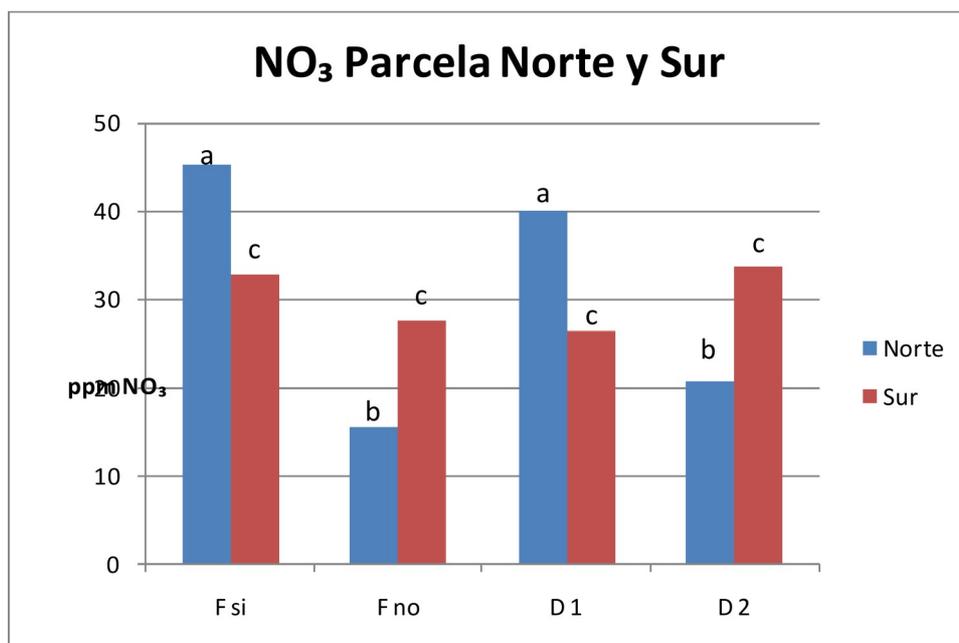


Figura 3: Contenidos de nitratos para la parcela Norte y Sur. Letras diferentes indican diferencias $p < 0.05$.

Efecto de la fertilización, densidad de siembra y del ambiente sobre la altura del cultivo y su índice de verdor.

Como consecuencia de la adversidad climática que afectó al cultivo y que imposibilitó la obtención de rendimiento, se procedió a estudiar como las variables densidad y fertilización incidían sobre la altura de planta y el índice de verdor (IV), medidos en el estado VT-R1 para las parcelas y ambientes.

Los valores de altura de planta mostraron diferencias ($p < 0.05$) entre ambas parcelas, registrándose las plantas más altas en la parcela norte con un valor promedio de 0.77m, mientras que en la parcela sur los valores fueron de 0.57 m. Por su parte, los valores de IV medidos a través del SPAD no mostraron diferencias ($p < 0.05$) entre ambas parcelas, obteniéndose valores promedios de 34.

Cuando se analizó el conjunto parcela y ambientes, se observó que para los valores de altura de planta hubo diferencias ($p < 0.05$) entre la loma con respecto al bajo de la parcela norte con

mayores valores en el ambiente loma. En cambio la loma y bajo del sur no se diferenciaron entre sí. En el caso del IV no se observaron diferencias ($p < 0.05$) entre los ambientes de ambas parcelas y dentro de cada parcela (tabla 5).

Tabla 5: Diferencias de medias para altura (m) e índice de verdor (unidades SPAD) entre parcelas y ambientes hasta el estado fenológico de VT-R1. (Tukey $p < 0,05$). Letras diferentes verticalmente indican diferencias estadísticamente significativas.

Parcela	Ambiente	Altura (m)	Lectura SPAD
Norte	Loma	0.93 a	33.23 a
Norte	Bajo	0.60 b	34.23 a
Sur	Loma	0.54 b	35.33 a
Sur	Bajo	0.60 b	34.32 a
CV		26.02	12.98
N		12	12

Al analizar los valores de altura de planta e IV en la parcela norte, se constató que hubo diferencias ($p < 0.05$) entre el bajo y la loma para los valores de altura, en donde se registró que la loma tenía una altura de planta mayor al bajo con valores medios de 0.93 m y 0.6 m respectivamente. La menor altura de plantas encontrada en el bajo, estaría asociada a variaciones espacio-temporales en dicho ambiente vinculado a problemas de acumulación de sales, que podrían haber afectado el crecimiento de las plantas. Al estudiar los valores obtenidos de IV se observó que no existían diferencias ($p < 0.05$) entre el bajo y la loma, en donde los valores promedios se encontraban alrededor de 33.5.

Analizando los efectos de los tratamientos utilizados para los valores de altura de planta e IV, se pudo determinar que no se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos fertilizado y no fertilizado, en donde se obtuvieron valores promedios que rondaron 0.8 m de altura y un IV de 33 respectivamente. Por su parte, sí se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos de baja y alta densidad tanto para altura de planta como para IV. La tendencia mostró una mejor respuesta en los tratamientos de baja densidad, lo que se podría

asociar a una menor competencia intraespecífica entre los individuos por los recursos agua y nitrógeno a bajas densidades de siembra. Esto permite que las plantas tengan un mejor desarrollo que aquellas sembradas en alta densidad, en donde la escasez de recursos y la elevada competencia podrían haber afectado su desarrollo.

Realizando los mismos estudios en la parcela sur, se encontró que los valores de altura de planta e IV no arrojaron diferencias ($p < 0.05$) entre el bajo y la loma, obteniéndose valores promedios alrededor de 0.57 m y 34.5 respectivamente.

También se encontró, al analizar los distintos tratamientos, que no existieron diferencias ($p < 0.05$) entre los tratamientos fertilizado y no fertilizado, y entre los de baja y alta densidad de siembra para los valores de altura de planta (valores promedio de 0.57 m) e IV (valores promedio de 34.5). Los valores de altura de plantas obtenidos en esta parcela siempre fueron inferiores a los de la parcela norte. Esto evidencia una importante limitación ambiental en cuanto a la disponibilidad de recursos (agua y nutrientes principalmente) impidiendo el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos del presente trabajo mostraron diferencias importantes en el contenido de humedad hasta los 120 cm de profundidad del perfil a favor de la parcela norte.

La parcela sur mostró un comportamiento homogéneo en toda su superficie.

Dentro de la parcela norte, el bajo mostró mayores contenidos de humedad que la loma.

En lo que respecta a nitratos, no existieron diferencias entre los ambientes de ambas parcelas y dentro de la misma, pudiéndose decir que todo el conjunto presentó similar comportamiento.

Se encontró además que, las variables densidad y fertilización, no afectaron los contenidos de humedad. Con respecto al contenido de nitratos, se confirmó la hipótesis, ya que se encontraron los mayores valores en los tratamientos fertilizados y de baja densidad, resultando ésta la mejor combinación.

Las plantas de la parcela norte mostraron mayor altura que las de la parcela sur. Pero cuando se analizaron en conjunto los ambientes de ambas, se observó una mayor altura de las plantas de la loma de la parcela norte con respecto a los restantes ambientes.

En la parcela sur la altura de planta no se vio afectada por ninguno de los factores experimentales (fertilización y densidad), mientras que en la parcela norte esta variable fue afectada positivamente en el tratamiento de baja densidad.

Los valores de índice de verdor por su parte no arrojaron diferencias entre las parcelas, entre los ambientes y entre los tratamientos del ensayo.

Bibliografía

- Ayars, J.E., Christen, E.W, Soppe, R.W., Meyer, W.S. 2006 The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture. A review. *Irrigation Science*, 24, 147-160.
- Ayars, J.E., Hutmacher, R.B., Schoneman, R.A., Soppe, R.W.O., Vail, F., Dale, S.S., 1999. Realizing the potential of integrated irrigation and drainage water management for meeting crop water requirements in semi-arid and arid areas. *Irrig. Drain. Syst.* 13, 321–347.
- Bono A., Romano N. 2007. EEA INTA Anguil. Publicación técnica N° 71: 60-63 pp y 72-83 pp. ISSN 0325-2132.
- Ferrari M., J. Ostojic, L. Ventimiglia, H. Carta, G. Ferraris, S. Rillo, M. Galetto y F. Rimatori. 2000. Fertilización de maíz: Buscando una mayor eficiencia en el manejo de nitrógeno y fósforo. Actas Jornadas de Actualización Técnica para Profesionales “Fertilidad 2000”. Rosario, 28 de Abril de 2000. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- Quiroga, A., D. Funaro, E. Noellemeyer, D. Peinemann. 2006. Soil quality indicators and barley fertilization response. *Soil & Tillage Res.:* 90: 63-68.

- Quiroga A. EEA INTA Anguil. Manejo por ambientes. Necesidad de reconocer y jerarquizar los factores que afectan la producción de grano y forraje. 9° Curso Internacional de Agricultura de Precisión.
- Maddonni G. FA-UBA. Manejo por ambientes: pautas para el manejo de la variabilidad en maíz. 9° Curso Internacional de Agricultura de Precisión.
- Thomas A., Boxler M., Alvarez de Toledo B., Houssay R., Martín L., Berardo A. y García F., 2001. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Resultados de la campaña 2000/01: Maíz.
- Sepaskhah, A.R., Kanooni, A., Ghasemi, M.M. 2003. Water table contributions to corn and sorghum water use. *Agricultural Water Manag.* 58, 67-79.
- Whelan, B.M., McBratney, A.B. 2000. The “Null Hypothesis” of precision agriculture management. *Precision Agriculture* 2, 265-279.