



XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Ordenamiento Territorial:
un desafío para la Ciencia del Suelo

Carmen G. Cholaky y José M. Cisneros

Compiladores

Trabajos de investigación

27 de Junio al 1 de Julio de 2016
Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto, Córdoba, Argentina

e-book

ISBN 978-987-688-173-9

UniRío
editora



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Ordenamiento Territorial:
un desafío para la Ciencia del Suelo

TRABAJOS DE INVESTIGACION

Carmen G. Cholaky
José M. Cisneros
(*Compiladores*)

Año del bicentenario de la Independencia Nacional

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
27 de Junio al 1 de Julio de 2016



Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto – Córdoba - Argentina

XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo : ordenamiento territorial : un desafío para la ciencia del suelo : trabajos de investigación /; compilado por Carmen Gloria Cholaky ; José Cisneros. - 1a ed. - Río Cuarto : UniRío Editora, 2016.

Libro digital, PDF - (Actas de Congresos)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-688-173-9

1. Ciencias del Suelo. 2. Agronomía. I. Cholaky, Carmen Gloria, comp. II. Cisneros, José, comp.

CDD 632

XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Ordenamiento territorial. Un desafío para la ciencia del suelo

Trabajos de investigación

Carmen G. Cholaky y José M. Cisneros (*Compiladores*)

2016 © by UniRío editora. Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta Nacional 36 km 601 – (X5804) Río Cuarto – Argentina
Tel: 54 (358) 467 6309 – Fax: 54 (358) 468 0280
editorial@rec.unrc.edu.ar - www.unrc.edu.ar/unrc/editorial.cdc

ISBN 978-987-688-173-9

Primera Edición: *Junio de 2016*



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 2.5 Argentina.

http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ar/deed.es_AR



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

COMPORTAMIENTO DEL TRIGO CONTINUO, BAJO FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL PARTIDO DE BAHÍA BLANCA

RON, M.M.^{1*}; MARTÍNEZ, J.M.^{1,2} & KIESSLING, R.J.¹

¹Dpto. de Agronomía-Universidad Nacional del Sur; ²Conicet- Cerzos

* mmron@criba.edu.ar

Palabras Clave: experimento de largo plazo; momentos de aplicación; siembra directa

Resumen

Los experimentos de larga duración (ELD) son esenciales para proveer la base científica del uso racional de los suelos. El objetivo de este trabajo es informar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo siembra directa (SD) en cinco años sucesivos, dentro de un ELD. Los tratamientos consisten en dosis y épocas de aplicación de nitrógeno (N): testigo, 40 y 80 kg N ha⁻¹, en siembra-emergencia (Ne) o macollaje (Nm), y una dosis fraccionada de 80 kg fraccionada en ambos momentos. En todos los años se determinaron biomasa aérea en cosecha (BAc), rendimiento (REND), proteína en grano (PROT) y peso de mil granos (PMIL). Para el análisis de eficiencias se ajustó un modelo para cada campaña, sin incluir el tratamiento de aplicación fraccionada. Las pendientes para Ne y Nm (REND) se utilizaron como estimación de la eficiencia agronómica (EAGR) de la dosis de 80 kg N ha⁻¹. Se aproximó la eficiencia de recuperación a través de las pendientes para Ne y Nm (RN). Se observaron respuestas positivas a los tratamientos, durante 2011 y 2014. Los coeficientes positivos y significativos de los modelos para las variables continuas (dosis de Ne y Nm) arrojaron estimaciones de la EAGR de 7 y 23 kg de trigo kg⁻¹ Ne en 2011 y 2014, respectivamente. Sólo en 2014, se obtuvo respuesta a Nm con eficiencia de 13 kg de trigo kg⁻¹ Nm. La recuperación aparente del fertilizante fue de 16 y 22% para 2011 y de 37 a 55% para 2014, correspondiendo el valor mayor a las aplicaciones en emergencia. Comparando tratamientos, la mayor respuesta global sobre REND se observó con la dosis máxima aplicada al momento de emergencia, mientras que la dosis aplicada en estadios avanzados del cultivo favorecieron a PROT.

Introducción

Los experimentos de larga duración (ELD) son esenciales para proveer la base científica del uso racional de los suelos. Este es un hecho incontrovertible y reflejado en la investigación llevada a cabo por prestigiosos centros de estudio. Los objetivos de los ELD incluyen, entre otros, monitorear la estabilidad de un sistema productivo a lo



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

largo del tiempo y determinar los cambios necesarios para mantener la sustentabilidad y mejorar la productividad, brindar información de valor inmediato a los productores y proveer insumos para distintas investigaciones científicas (Poulton, 1995). Además, tienen la finalidad de construir bases de datos que puedan usarse a largo plazo para desarrollar o validar modelos matemáticos, predictivos de los efectos probables de prácticas de manejo y del cambio climático sobre las propiedades edáficas, la capacidad productiva de los suelos y el ambiente.

En la Región Pampeana se han llevado a cabo ELD para comparar el efecto de rotaciones o secuencias de cultivos sobre propiedades edáficas. En algunos casos se basan en la gestión del carbono orgánico del suelo, a través de la selección de cultivos en una rotación y la fertilización nitrogenada (Studdert & Echeverría, 2000, Mandolesi *et al.*, 2005 y Minoldo, 2010).

En las experiencias nombradas el trigo (*Triticum aestivum* L.) continuo es uno de los tratamientos y recibe una fertilización estándar. El monocultivo bajo siembra directa (SD), usado como referencia frente a secuencias o rotaciones, podría considerarse por sí mismo en un eventual proceso de agriculturización. En este paradigma la tecnología de uso del nitrógeno (N) puede ofrecer respuestas a algunas de las objeciones clásicamente planteadas por defensores de la agricultura orgánica (Tilman, 1998). El fraccionamiento del fertilizante es, por su flexibilidad y sencillez, una de las más promisorias (Ron, 2004).

Los estudios regionales que sugieren la evolución potencial de problemas edáficos relacionados con la productividad de los cultivos en el oeste de la región pampeana, han sido evaluados por Díaz Zorita *et al.* (2002). Esta revisión no incluye el SO bonaerense. Tampoco se dispone para el área de información de los efectos a largo plazo del monocultivo, como la realizada para especies estivales (Buschiazzo *et al.*, 1999). A pesar de los estudios realizados, el balance de las tecnologías de procesos y de insumos, para contribuir a una producción sustentable, es aún una cuenta pendiente en la Región Pampeana.

Una razón de esta última falencia reside en la dificultad de compatibilizar un ELD con los plazos institucionales o académicos. Por otra parte, en el partido de Bahía Blanca la superficie con uso agrícola es menor al 20% (Marinissen *et al.*, 2011) por lo que hay mucha menos información sobre los cultivos de grano que en el resto del SO bonaerense. En este marco, la instalación de un ELD con trigo continuo en dicho partido permite evaluar el comportamiento del cultivo, en un sitio semiárido, en términos de estabilidad, rendimiento y calidad, bajo distintos tratamientos de fertilización nitrogenada. También se incluyen, entre los objetivos, el monitoreo de variables edáficas para insertar correctamente el cultivo dentro de sistemas productivos adaptados a la zona.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

El objetivo de este trabajo es informar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del trigo bajo SD en cinco años sucesivos, dentro de un ELD.

Materiales y Métodos

El estudio se lleva a cabo en un establecimiento ubicado en Colonia Napostá, a 35 km de la ciudad de Bahía Blanca, cabecera del partido homónimo. El paisaje del área es plano y constituye mayormente el resultado de episodios eólicos, procesos de erosión/deposición y eventos de origen marino. El edafoclima es ústico-térmico (Amiotti *et al.*, 2010). La precipitación promedio anual en la zona es de 560 mm (media 1860-2006), concentrándose dos terceras partes en otoño y primavera. Se registran una estación seca a fines del invierno y una semiseca a mediados de verano (enero y febrero). En esos meses la evapotranspiración potencial más que duplica las precipitaciones (Scian, 2010), lo que constituye una limitación difícil de franquear para la producción de cultivos de verano.

En el establecimiento, se seleccionó - para fines experimentales - un lote que registraba al 2008 una historia de más de 20 años de uso ganadero. El sistema de producción era pastoril extensivo de las especies nativas, entre las que predominan poáceas perennes (*Nassella*, *Stipa*, *Amelichloa*, *Pappoforum*). En julio de dicho año se estableció un cultivo de trigo pan bajo sistema convencional de labranzas (en base a rastra de discos), que no fue fertilizado. Luego de la cosecha (diciembre 2008) se inició la producción bajo SD.

En un sector, con pendiente de 2,7% y coordenadas 38°25' LS, 62°16' LO, se ubicaron cuatro bloques en sentido perpendicular a la inclinación del terreno. La profundidad efectiva es de 80 cm en la posición superior de la ladera (bloque I) y cercana a 100 cm en los restantes bloques. Se clasificó el suelo como un Paleustol Petrocálcico, franco grueso térmico (Soil Survey Staff, 2006). El análisis en muestras de la capa arable (0-12 cm) arrojó valores de 17 g de carbono orgánico kg⁻¹ (Walkley & Black, 1938), 9 mg P extraíble kg⁻¹ (Bray & Kurtz, 1949) y 7,6 de pH (relación suelo:agua 1:2,5). Una caracterización minuciosa del estado inicial del sitio de ensayo en cuanto a parámetros de fertilidad química y su variabilidad espacial en un diseño de bloques se informa en un trabajo anterior (Orden *et al.*, 2011).

En 2009 se instaló un ensayo de fertilización nitrogenada en trigo bajo SD, con un diseño de bloques completos al azar (unidad experimental de 60 m²) y seis tratamientos. Estos consistieron en dosis y épocas de aplicación de N: testigo, 40 y 80 kg N ha⁻¹, en siembra-emergencia o macollaje, y la dosis mayor repartida entre las dos épocas, en dos fracciones iguales. El N se aplicó como urea granulada (46-0-0) al voleo en forma manual. Las condiciones climáticas registradas durante este año no permitieron un correcto desarrollo del cultivo por lo que se perdió el ensayo. El estudio

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

se continuó en los años siguientes, repitiendo los tratamientos en las mismas unidades experimentales. Algunas características de las campañas se detallan en Tabla 1.

En todos los años se determinó el % de humedad en el suelo y se evaluaron las formas de N inorgánico (Ni) en presiembra. Se tomaron muestras compuestas a dos profundidades 0-30 y 30-60 cm de los tratamientos testigo y fertilizado con 80 kg N ha⁻¹ en macollaje. El N-NH₄⁺ se estimó a partir de la liberación de amoníaco por la destilación con MgO y para la determinación del N-NO₃⁻ se empleó una técnica de microdestilación por arrastre de vapor (Mulvaney, 1996).

En todos los años se determinaron biomasa aérea en cosecha (BAC), rendimiento (REND) y peso de mil granos (PMIL). Se determinó el contenido de proteína en grano (PROT) por espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano. En 2010 se determinó el N en grano por el método de Kjeldahl (Bremner, 1996). Se usó un factor proteína/N de 5,75 (Novoa & Loomis, 1981) y se estimó el N cosechado (RN).

Se evaluó la calidad de los datos para su posterior limpieza, siguiendo el procedimiento descrito en Storniolo *et al.* (2012).

Se analizó la interdependencia de las variables determinadas en cosecha (BAC, REND, PMIL, PROT) mediante un análisis de componentes principales (CP). Este se realizó con el conjunto de los datos, clasificándolos según los años y los tratamientos.

Para un análisis global se calculó el rendimiento acumulado (RENDACUM) de las 5 campañas y se realizaron un ANOVA, comparaciones “a priori” (contrastos ortogonales) y “a posteriori” (Tukey).

Además, para un análisis de eficiencias se ajustó la siguiente ecuación para cada campaña, sin incluir el tratamiento de aplicación fraccionada:

$$y = a + b N_e + c N_m + d L_b + e Q_b + f C_b \quad (\text{Ec. 1})$$

donde “y” es REND o RN, N_e y N_m son las dosis de N en kg ha⁻¹ aplicada en emergencia y macollaje, respectivamente, L_b: variable categórica para la tendencia lineal entre los bloques, con valores -3, -1, +1, +3 para los bloques I, II, III y IV, respectivamente; Q_b, ídem para la tendencia cuadrática: +1, -1, -1, +1 y C_b. ídem para la tendencia cúbica: -1, +3, -3, +1; a, b, c, d, e, y f coeficientes (Colwell, 1994). Las pendientes para N_e y N_m (REND) se utilizaron como estimación de la eficiencia agronómica (EAGR) de la dosis de 80 kg N ha⁻¹. En forma análoga se aproximó la eficiencia de recuperación a través de las pendientes para N_e y N_m (RN) (Barbieri *et al.*, 2001). Se relacionaron las eficiencias y medias generales de PROT Y REND con las variables edáficas de Tabla 1. Para los análisis se utilizó el paquete INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2013).

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Resultados y Discusión

Condiciones ambientales

En la Tabla 1 se consignan, además de características de los ensayos, el promedio general de REND y PROT para cada campaña. Como los factores edáficos y de manejo se mantuvieron constantes en su mayoría, el REND medio considerado como índice ambiental, refleja principalmente las características climáticas de cada campaña. Entre 2010 y 2013 las diferencias entre las campañas se sustentaron más en la distribución de precipitaciones y en la cobertura durante el barbecho previo, que en las precipitaciones totales durante el ciclo.

El ensayo se inició en el año 2009, dentro del período 2005-2011 en el cual disminuyeron las precipitaciones notablemente según cambios en la temperatura media global (Zotelo, 2012). Las escasas precipitaciones en los ciclos 2008, 2009 y 2010 limitaron la producción de biomasa, con la consecuente reducción de los residuos postcosecha. Esta baja cobertura relativa redujo la disponibilidad hídrica para los cultivos al no permitir la expresión de algunas de las ventajas del sistema de SD. En efecto, la cobertura postcosecha de 2010 se estimó en menos del 30%, a partir de la ecuación propuesta por López *et al.* (2015). En 2011, las condiciones excepcionales de enero (148 mm), contribuyeron a un desarrollo importante de malezas como *Cynodon sp.* y *Cenchrus sp.* que posibilitaron la formación de un manto de cobertura edáfica. El control químico de las mismas a principios de febrero y un mes de marzo con precipitaciones superiores a la media histórica generaron condiciones de cultivo, similares a un sistema de SD estabilizado. A partir de diciembre de 2011 la cobertura fue creciente estimándose de 65 al 80%. Por otra parte, la fertilidad nitrogenada alta a muy alta en presiembra (Tabla 1), atribuible al uso previo, se potenció durante período de menores precipitaciones.

Interrelación entre variables del cultivo

El análisis de calidad de datos detectó unos pocos casos atípicos en distintas variables del cultivo que se trataron como faltantes y se reemplazaron por sus estimaciones. Esta es una licencia estadística aceptable debido a que se hace la correspondiente reducción en los grados de libertad del error (Steel & Torrie, 1992) y las conclusiones se derivan de un porcentaje importante de los resultados registrados.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Tabla 1. Características generales de los ensayos

	2010	2011	2012	2013	2014
Cultivar	ACA	Buck	Buck	Buck	Buck
	303	Malevo	Malevo	Malevo	Malevo
Fechas de siembra	05/07	16/06	19/06	12/06	24/06
Densidad de Siembra, plantas m ⁻²	250	250	250	250	200
Dosis P a la siembra (superfosfato triple con la semilla) kg ha ⁻¹	12	10	14	16	16
Fertilización siembra- emergencia	08/07	29/06	22/06	13/06	30/06
Fertilización macollaje	18/09	14/09	19/09	11/09	15/09
Cosecha biomasa aérea madurez fisiológica	29/12	26/12	17/12	19/12	31/12/
Disponibilidad inicial de N inorgánico (0-60 cm) parcelas testigo, kg Ni ha ⁻¹	87	243	214	145	227
Humedad edáfica en presiembra (0-60 cm). %	7,8	12,3	11,5	11,8	17,6
Precipitaciones anuales, mm	587	540	559	484	817
Precipitaciones de junio a noviembre, mm	211	166	280	188	489
Promedio general del ensayo REND, kg ha ⁻¹	419	2759	1968	1965	3598
Promedio general del ensayo PROT, %	16,9	15,6	16,1	17,1	12,0

El análisis de CP es una técnica clásica utilizada para la comprensión y la visualización de las características del conjunto de datos (Duntemann, 1989). Los autovectores (e1 y e2) reportados en Tabla 2 muestran los coeficientes con que cada variable original fue ponderada para conformar los CP1 y CP2 en los biplots de Fig. 1.

Tabla 2. Valores de los autovectores obtenidos según los componentes principales.

a) Conjunto de los casos			b) Clasificados por año			c) Clasificados por tratamiento		
Variables	e1	e2	Variables	e1	e2	Variables	e1	e2
Bac	0,50	0,56	Bac	0,50	0,29	Bac	0,53	0,36
REND	0,54	0,28	REND	0,53	0,20	REND	0,49	0,60
PMIL	0,50	-0,15	PMIL	0,50	0,31	PMIL	-0,49	0,49
PROT	-0,46	0,77	PROT	-0,46	0,88	PROT	0,49	-0,51

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

En la Fig. 1 a b y c, las variables son graficadas como vectores desde el origen. La longitud relativa de cada vector representa la proporción relativa de la variabilidad aportada por cada variable. El coseno de los ángulos entre las variables describe la correlación entre las mismas.

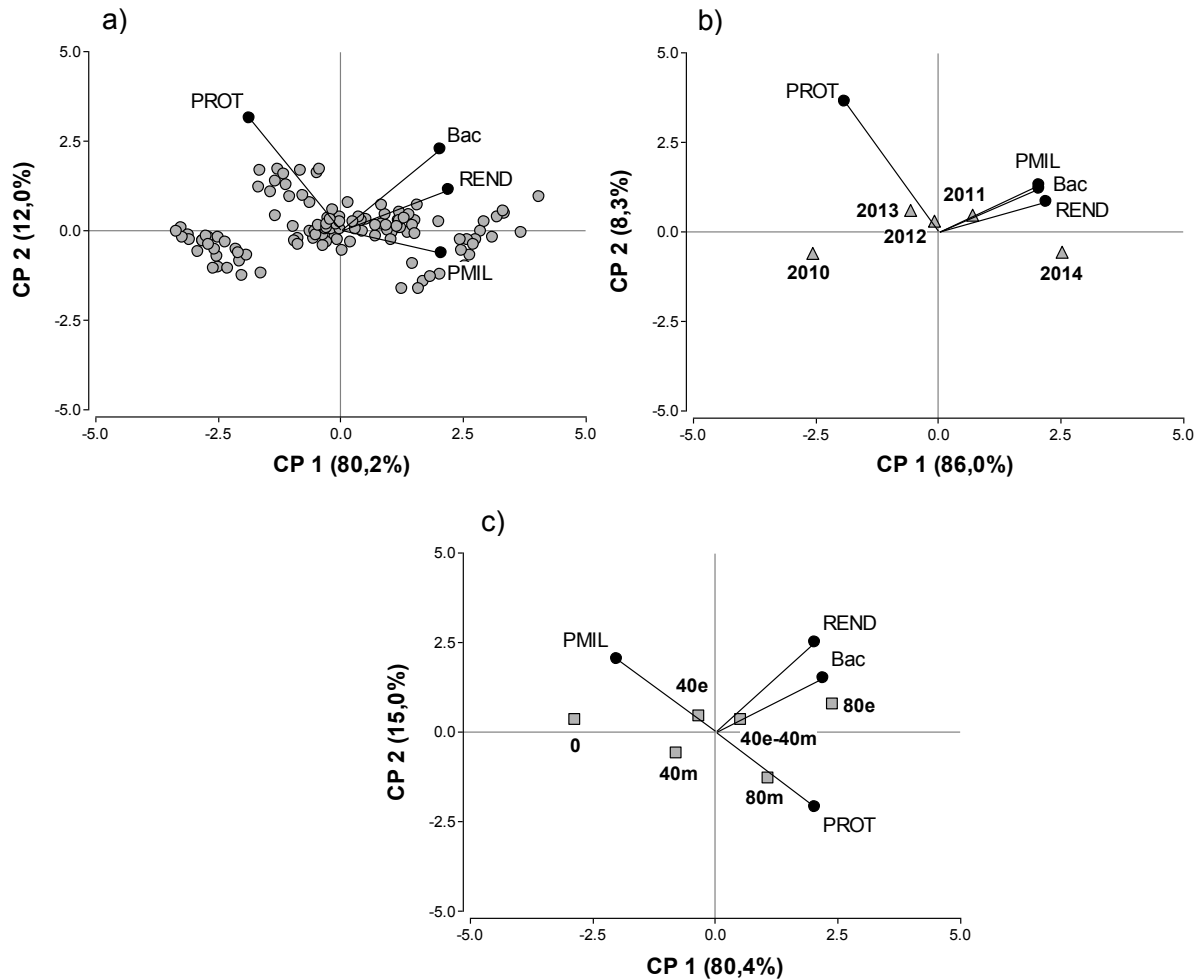


Fig. 1. Biplots generados a partir del análisis de componentes principales para a) el conjunto de datos, clasificados por b) año y c) tratamientos

Para todo el conjunto de datos se observaron relaciones positivas entre Bac, REND y PMIL, mientras que PROT demostró relaciones inversas con respecto a las primeras (Fig. 1a). Es decir, como era esperable, los granos de mayor peso tuvieron un menor contenido de proteína. Además, se puede explicar el 92,2% de la variación total con los dos primeros CP. El CP1, por sí mismo, concentró un 80,2% de la varianza total.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

En este componente la variable REND tuvo el peso positivo más alto seguido de BAc y PMIL. Sin embargo, las diferencias entre los autovectores de estas tres variables no superaron el porcentaje necesario según Li *et al.* (2013) para discriminar variables dentro del mismo CP. El mayor autovector en CP2 fue el de PROT. La ortogonalidad de los componentes principales garantiza que el CP2 representa la variabilidad de los datos no explicada por el CP1. Los dos componentes en Fig. 1a pueden interpretarse como un contraste entre variables productivas y de calidad del cultivo.

Cuando se analizó nuevamente, clasificando por años, se obtuvo un biplot de características similares con una mayor asociación positiva entre Bac, REND y PMIL (Fig. 1 b). La asociación positiva entre estas dos últimas no es frecuente debido a la gran dependencia del REND con el número de granos por sobre su relación con el peso (Loewy & Ron, 2001). Sin embargo en la clasificación por años las campañas con mayor REND fueron las de PMIL más alto. Al construir el CP1, la variable REND recibió el peso positivo más alto y el PMIL el único peso negativo. Se puede interpretar que el CP1 separa el año 2014 con alto rendimiento del 2010 con la mayor PROT, situándose los tres años restantes cerca del origen. La explicación total de la varianza para ambos CP fue de 94,3%.

El análisis análogo, clasificando por tratamientos, proveyó un biplot con correlación perfecta negativa entre PROT y PMIL y estrecha asociación entre Bac y REND. Se destaca la correlación casi nula entre los dos grupos mencionados. La explicación total de la varianza fue de 95,4%. Para CP1 los autovectores indican que los tratamientos con mayor REND y Bac fueron 80e y 40e-40m, mientras que el CP2 diferenció a las aplicaciones en macollaje como las de mayor PROT y menor PMIL. Esta agrupación de tratamientos en base a parámetros de rendimiento y calidad, se asemeja a la realizada por Grahmann *et al.* (2014), para trigo candeal.

Efecto acumulado de los tratamientos

El ANOVA de RENDACUM arrojó efectos significativos de los bloques y tratamientos con un coeficiente de variación de 5%. Los efectos de los tratamientos se desglosaron en los contrastes ortogonales “a priori” que se describen en la Tabla 3. Estos indican efecto altamente significativo y positivo de la fertilización y de la época y una superioridad significativa de la dosis de 80 kg con respecto a la menor. La interacción entre dosis y épocas no llegó a ser significativa. En la comparación de medias individuales “a posteriori”, el test de Tukey reveló que solo se diferenciaron del testigo los tratamientos de 80e y 40e-40m.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Tabla 3 Contrastes ortogonales del rendimiento acumulado (en kg ha⁻¹) de cinco campañas.

Contraste	Media Grupo 1	Media Grupo 2	p- valor
Testigo vs fertilizado	9730	10980	0,000 6
40 kg vs 80 kg N (promedio de dos épocas)	10573	11333	0,011 3
emergencia vs macollaje (promedio dos dosis)	11527	10812	0,000 6
Interacción época- dosis	10728	11179	0,107 5
Fraccionado vs fertilizados en una sola época	11090	10953	0,649 3

En la Fig. 2 se aprecia la contribución parcial de cada cosecha al RENDACUM. Se destaca la contundencia del aporte del año 2014 sobre esta variable, asemejándose el análisis anterior al realizado individualmente para esa campaña (Borisov *et al.*, 2016).

Eficiencias en las campañas individuales y su relación con variables de sitio

La evaluación del Ni en presembrado no reveló residuos significativos de la fertilización del año anterior. Sólo en 2013, se comprobó que el suelo en las parcelas fertilizadas con 80m en la campaña anterior tenía un contenido de humedad superior a las no fertilizadas, diferencia atribuible a una mayor cobertura (Kießling *et al.*, 2013). Esta evidencia sugeriría una actividad biológica más intensa en las parcelas más húmedas. Como el efecto solo se registró en un año en este trabajo se asumieron los resultados de las cinco campañas como independientes para el siguiente análisis.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

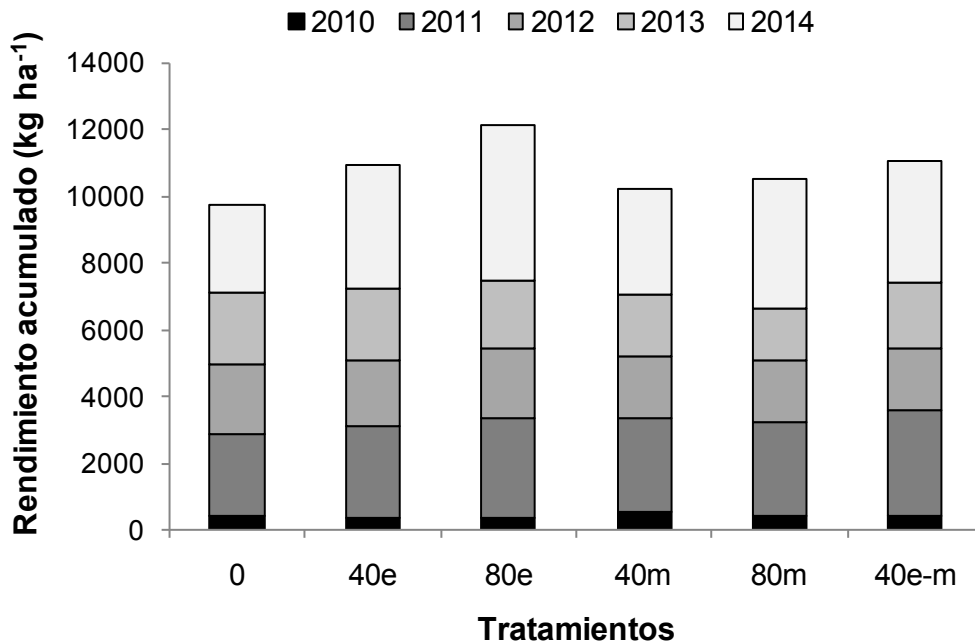


Fig. 2. Rendimiento acumulado según tratamientos.

En la Tabla 4 se muestra el ajuste de la ecuación 1 para REND y RN. Todas las ecuaciones son significativas y con valores del R^2 superiores al 0,48. En los años sin respuesta significativa a N esto responde principalmente a la inclusión del efecto de los bloques como variables categóricas. En todas las ecuaciones la tendencia lineal entre bloques fue significativa, hecho esperable debido a la pendiente del terreno y en coherencia con la variabilidad horizontal interbloque encontrada por Orden *et al.* (2011). Los coeficientes positivos y significativos para las variables continuas (dosis de Ne y Nm) arrojaron estimaciones de la EAGR de 7 y 23 kg de trigo kg^{-1} Ne en 2011 y 2014, respectivamente. Sólo en 2014, se obtuvo respuesta a la aplicación en macollaje con eficiencia de 13 kg de trigo kg^{-1} Nm. La recuperación aparente del fertilizante fue de 16 y 22% para 2011 y de 37 a 55% para 2014, correspondiendo el valor mayor a las aplicaciones en emergencia. La respuesta media al nitrógeno aplicado es previsible a una zona semiárida y requiere reconocimiento de la calidad del grano para una mayor viabilidad económica de la práctica.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Tabla 4. Coeficientes de la ecuación 1 para a) Rendimiento y b) Rendimiento de N

a) REND	const	Ne	Nm	Lb	Qb	Cb	modelo	R ²
2010	437	-1,23	0,66	-33,38	35,86	-9,03	0,0191	0,50
2011	2495	7,42	5,1	-274,16	-325,59	11,99	<0,0001	0,85
2012	2027	-0,28	-2,81	-134,96	5,55	38,65	0,0001	0,74
2013	2159	-0,48	-6,81	-130,24	111,11	-41,96	<0,0001	0,78
2014	2660	22,91	12,75	182,44	132,07	-83,73	<0,0001	0,80

b) RN	const	Ne	Nm	Lb	Qb	Cb	modelo	R ²
2010	12,2	-0,03	0,03	-0,84	1,05	-0,4	0,0267	0,48
2011	66,5	0,22	0,16	-6,77	-8,64	0,42	<0,0001	0,84
2012	54,6	0,02	-0,04	-3,14	-0,36	1,08	0,0007	0,67
2013	56,8	0,10	-0,07	-1,98	1,7	-1,31	0,0033	0,60
2014	50,9	0,55	0,37	3,43	3,87	-1,53	<0,0001	0,81

Coeficientes significativos en negrita.

El promedio general de REND y PROT de cada campaña y la eficiencia agronómica de la aplicación en emergencia no se relacionaron significativamente con la disponibilidad inicial de Ni, sino con la humedad del suelo en presiembra (Fig. 3). En los cinco años analizados no se registró respuesta a la fertilización cuando esta estuvo por debajo del 12%. REND y PROT presentaron tendencias opuestas entre sí.

En el ELD, el esquema experimental no contempla el ajuste de dosis por la disponibilidad inicial de Ni, lo que permitió apreciar tendencias de respuesta a la fertilización que no se preverían con el enfoque del balance de N. Los resultados muestran que la disponibilidad real de N en el suelo durante el ciclo puede diferir de la estimada por análisis en presiembra. Todos los ensayos se iniciaron con alta a muy alta disponibilidad de Ni, que cubrirían ampliamente los rendimientos medios de la zona. Sin embargo, en 2011 y 2014 se observó respuesta a la fertilización que se justificaría en importantes pérdidas por lavado de N dadas las precipitaciones invernales. No se descarta que la SD en este aspecto, se diferencie con siembra convencional.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

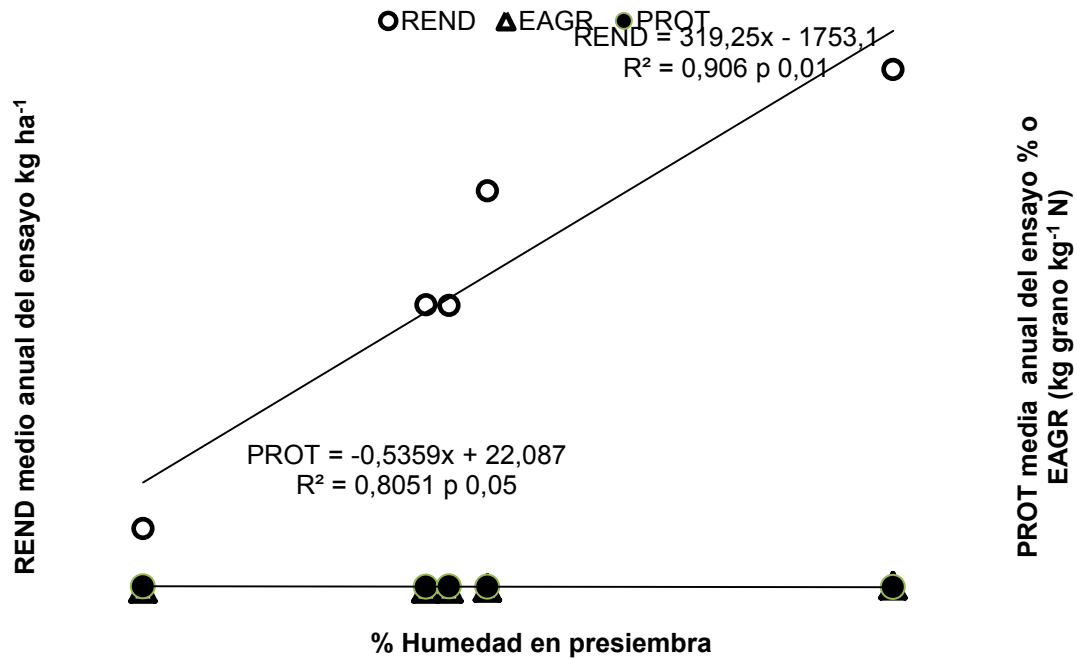


Fig. 3. Relación de la humedad edáfica inicial con el rendimiento y la proteína media anual y con la eficiencia agrónomica del nitrógeno aplicado en emergencia

Conclusiones

En la producción acumulada de los cinco años, las aplicaciones en emergencia tendieron a ser más efectivas, destacándose la dosis mayor y el tratamiento fraccionado en dos épocas. La fertilización en macollaje favoreció la proteína del grano.

El criterio de balance de nitrógeno, quedó relativizado en esta experiencia de cultivo continuo ya que la respuesta no estuvo asociada a la disponibilidad de N inorgánico en presiembra. La variable con mayor potencial predictivo fue la humedad edáfica inicial que favoreció una mayor eficiencia del N aplicado en emergencia.

Además de la incidencia de los factores climáticos, la variabilidad interanual de los resultados se explicaría por el incremento de cobertura a medida que se fue estabilizando el sistema de siembra directa



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Los resultados pueden ser utilizados para el diseño de una tecnología de fertilización en trigo, bajo siembra directa, en el sector semiárido del sudoeste bonaerense.

Agradecimientos

El presente trabajo fue parcialmente financiado por el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina PGI 24/A206. El ensayo surgió de un convenio de cooperación de Investigación y Desarrollo entre la Fundación de la Universidad Nacional del Sur y PROFERTIL S.A. En el período se contó con la colaboración de siete estudiantes que realizaron su trabajo final de graduación en el marco del experimento. Los autores agradecen a la Ing. Agr. Noemí Fritz de Cámara Arbitral de Cereales, Oleaginosos, Frutos y Productos de Bahía Blanca, por la determinación de proteína en grano.

Bibliografía

- Amiotti, NM; MC Blanco; E Schmidt; & S Díaz. 2010. Variabilidad espacial de los suelos y su relación con el paisaje. In: Paoloni JD, editor. Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Bahía Blanca (Argentina): EdiUNS. p. 129-173.
- Barbieri, PA; HE Echeverría & HR Sainz Rozas. 2001. Respuesta del cultivo de maíz bajo siembra directa a la fuente y al método de aplicación de nitrógeno. *Ciencia del Suelo* 21: 18-23.
- Borisov, J; E Albarracín; JM Martínez; RJ Kiessling & MM Ron. 2016. Fertilización nitrogenada sobre trigo en un sitio semiárido: efecto de la dosis y del momento. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 27 de junio al 1 de julio. Río Cuarto.
- Bray, R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science*, 59:39-45.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen total. In: *Methods of soil analysis. Part 3: Chemical Methods*; Sparks, DL (ed). Pp. 1085-1123. SSSA. Madison, WI.
- Buschiazzo, DE; SB Aymar & JM Queijeiro. 1999. Long-term maize, sorghum, and millet monoculture effects on an Argentina Typic Ustipsamment. *Arid Soil Res. Rehab.* 13:1-15.
- Colwell, JD. 1994. Estimating fertilizer requirements. A quantitative approach. Oxon (UK): CAB International. 262 p.
- Díaz-Zorita, M; GA Duarte & JH Grove. 2002. A review of no-till systems and soil management for sustainable productive in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 65:1-18.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2008. InfoStat, versión 2013, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).

Duntemann, GH. 1989. Principal Components Analysis, Serie: Quantitative Applications in the Social Sciences N° 69. Sage University paper, Newbury Park. 97p.

Grahmann, K; N Verhulst; R Peña; ABuerkert; L Vargas Rojas & B Govaerts. 2014. Durum wheat (*Triticum durum* L.) quality and yield as affected by tillage-straw management and nitrogen fertilization practice under furrow-irrigated conditions. Field Crops Res..164: 166-177.

Kiessling RJ, JM Martínez, M Toribio & MM Ron. 2013. Fertilización nitrogenada en trigo en el Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). Simposio Fertilidad 2013. “Nutrición de cultivos para la intensificación productiva sustentable” Rosario 22 y 23 de mayo 6 páginas

Li, P; T Zhang; X Wang & D Yu. 2013. Development of biological soil quality indicator system for subtropical China. Soil Till. Res. 126: 112-118.

Loewy, T & MM Ron. 2001 Componentes del rendimiento en trigo y cebada cervecera bajo distintos niveles nutricionales. V Congreso Nacional de Trigo y II Simposio Nacional de Cereales de Siembra Invernal. Carlos Paz, 25 al 28 de setiembre.

López, FM; ME Duval; JM Martínez & JA Galantini. 2015. Cobertura en el Sudoeste Bonaerense en suelos bajo siembra directa. Ci. Suelo 32(2): 273-281.

Mandolesi, ME; MM Ron; PE Vidal & HJ Forjan. 2005. Efecto de las rotaciones en siembra directa sobre el carbono orgánico en un suelo del Centro Sur bonaerense. Jornadas Nacionales de “Materia húmica y sustancias húmicas del suelo”. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. 2 y 3 de junio de 2005, Bahía Blanca.

Marinissen, A., C Torres Carbonell & ALauric. 2011. Documento de Diagnóstico y Discusión Sistemas Productivos. Área Influencia Agencia de Extensión INTA Bahía Blanca. EEA Bordenave. Documento interno Reunión Comisión Interinstitucional de Desarrollo Técnico-Científico Bahía Blanca UNS- CONICET- CIC –INTA. Agosto 2011.

Minoldo, G. 2010. Cambios de largo plazo de algunas propiedades químicas de suelo y la productividad del trigo bajo diferentes secuencias de cultivos en la región semiárida. Tesis de Magíster Universidad Nacional del Sur.

Mulvaney, RL. 1996. Nitrogen-Inorganic forms. In: DL Sparks *et al.* (eds) Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Pp. 1123-1184. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU.

Novoa, R & RS Loomis. 1981. Nitrogen and plant production. Plant Soil 58: 177-204.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Orden, L, ME Mandolesi, RJ Kiessling & MM Ron. 2011. Variabilidad espacial de fertilidad química del suelo en un diseño de bloques. Spanish J. Soil Sci. 1 (1): 54-69.

http://sjss.universia.net/pdfs_revistas/articulo_238_1319128206453.pdf

Poulton, PR. 1995. The importance of long-term trials in understanding sustainable farming systems: The Rothamsted Experience. Aust. J. Exp. Agric. 35:825-34.

Ron, MM. 2004. Fertilización nitrogenada de trigo en el SO bonaerense: efecto de la aplicación fraccionada de urea sobre el rendimiento y la calidad del grano. VI Congreso de Trigo. 20 a 22 de octubre, Bahía Blanca.

Scian, B. 2010. Clima - Bahía Blanca y sudoeste bonaerense. En: J.D. Paoloni, (editor). Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Bahía Blanca (Argentina): EdiUNS. p. 29-97.

Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. Washington, DC: USDA-Natural Resources Conservation Service.

Steel, RG & JA Torrie. 1992. Bioestadística: Principios y procedimientos. MacGraw Hill. 622p.

Storniolo, R; AF Rausch; MR Landriscini & MM Ron. 2012. Limpieza de datos de una red de ensayos de fertilización. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina 16 al 20 de abril de 2012.

Studdert, GA & HE Echeverría. 2000. Crop Rotations and Nitrogen Fertilization to Manage Soil Organic Carbon Dynamics Soil Sci. Soc. Am. J. 64:1503–1514.

Tilman, D. 1998. The greening of the green revolution. Nature 396: 211-212.

Zotelo, C. 2012. Variabilidad climática y ciclos naturales. Boletín electrónico del CERZOS N° 21.

Walkley A & I Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.