

Rotaciones de Cultivos sobre un Argiudol Típico con Labranza Cero¹

A.M. Arrigo*, R.M. Palma*,
M.E. Conti*, E.B. Giardina*

ABSTRACT

This study shows the effects of different rotations, annual intensities and crop productivities on the soil properties in a zero-tillage experiment. It was performed in an easily degradable Typic Argiudoll, Series Marcos Juárez (Province of Córdoba, Arg.). The following rotations (nine years), fertilized with N-urea, were considered: wheat-wheat, wheat/soybean and wheat/soybean-maize. Differences in soil properties between the crop rotations and the uncultivated soil were found, wheat-wheat being the sequence which produced the biggest change. With zero tillage and increasing annual crop intensity, only the variables depending on extractive action of the crop were affected, especially elements with low mobility such as potassium or others in great demand as nitrates that could be added with fertilizers. Significant differences between crop yield of the experimental field and the local means were not found, although soybean and maize yields increased when they were included in the wheat/soybean-maize rotation.

Key-words: Zero tillage, crop rotations, wheat, soybean, maize.

RESUMEN

Se evaluó, con un experimento de labranza cero, el efecto de distintas rotaciones, intensidades anuales y productividad de los cultivos sobre las propiedades de un Argiudol típico, fácilmente degradable, de la serie Marcos Juárez (Córdoba, Arg.). Las rotaciones durante nueve años fueron trigo-trigo, trigo/soja y trigo/soja-maíz y se fertilizaron con N-urea. Se comprobaron diferencias en las propiedades del suelo entre las rotaciones y el suelo virgen; la rotación trigo-trigo fue la que presentó mayor variación en las propiedades. Con labranza cero y aumento de la intensidad anual de los cultivos, sólo se afectaron las variables dependientes de la acción extractiva de las cosechas, sobre todo los elementos de poca movilidad como el potasio y otros de elevada demanda como los nitratos, que se reponen mediante el uso de fertilizantes. Los rendimientos de los cultivos no presentaron diferencias significativas en relación con los promedios de la zona, pero sí aumentaron los de soja y maíz cuando fueron incluidos en la rotación trigo/soja-maíz.

Palabras-clave: Labranza cero, rotaciones de cultivos, trigo, soja, maíz.

INTRODUCCIÓN

Las rotaciones de cultivos y el adecuado manejo de los mismos hacen posible la sostenibilidad de la agricultura, ya que la incorporación y el mantenimiento en la superficie de los residuos vegetales permiten la reposición de la materia orgánica del suelo.

Las labranzas conservacionistas son sistemas que tienden a reducir la erosión y a mantener la productividad de los suelos, particularmente de aquellos que se degradan con facilidad. Los aspectos beneficiosos que

provocan están ampliamente documentados, así como los cambios producidos en ciertas propiedades de los suelos y los rendimientos de los cultivos (Blevins 1984; Campbell *et al.* 1991a y b; Wagger y Denton 1989).

Las rotaciones de cultivos modifican el ambiente de un modo particular por la selectiva sorción de nutrimentos, por las secreciones radiculares y por toda la microvida característica de la rizósfera. Dependiendo del tipo y cantidad de los restos vegetales, se producen cambios en la actividad y número de microorganismos; así como la actividad de algunas enzimas extracelulares (Palma y Conti 1989) influye sobre el pH y la absorción y transpiración del agua.

En cuanto a los rendimientos de los cultivos de trigo, soja y maíz, se comprobó su incremento cuando los cultivos rotaron en comparación con el sistema de monocultivo (Lattanzi 1989).

El objetivo de este trabajo fue determinar los cambios producidos en el suelo como resultado de las distintas secuencias (combinación sistemática de cul-

¹ Recibido para publicar el 19 de mayo de 1994. Los autores agradecen al agrónomo A. Lattanzi y al geógrafo H. Marelli de la EEA del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); y a Marcos Juárez por su asistencia técnica.

* Cátedra de Edafología. Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Avenida San Martín 4453-CP 1417. Arg.

tivos) e intensidad (número de cultivos por año) en un sistema de labranza cero

La hipótesis es que la secuencia y la intensidad de los cultivos producen cambios cuantificables en las propiedades químicas, fisicoquímicas y bioquímicas de los suelos, como consecuencia de las diferentes extracciones de nutrimentos y por el aporte en calidad y cantidad de los residuos vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó sobre parcelas experimentales de la EEA-INTA Marcos Juárez (Córdoba, Arg.), sobre un Argiudol típico de textura franco-limosa (INTA 1978). Este suelo es altamente productivo, pero su estructura es fácilmente degradable por la labranza y el impacto de las gotas de lluvia.

El estudio fue diagramado en bloques al azar con tres repeticiones.

Las secuencias de cultivos, durante nueve años, fueron:

- Monocultivo de trigo invernal (de junio a setiembre y descanso hasta la próxima siembra) (T-T). Intensidad de cultivo 1.
- Trigo invernal y soja (de noviembre a marzo) (T/S). Intensidad de cultivo 2.
- Alternancia de trigo invernal y soja durante el primer año y maíz en el año siguiente (de octubre a enero) (T/S-M). Intensidad de cultivo 1.5.

La intensidad de cultivo cuantifica el número medio de cultivos por año.

En este experimento se incluyó como testigo un suelo virgen (SV) con un pasto natural de aproximadamente 50 años.

Todos los cultivos fueron realizados con labranza cero (L0), en parcelas con pasto natural. Para ese sistema de labranza se usó una sembradora para proteger el suelo con los residuos vegetales. Las parcelas fueron tratadas con herbicidas de contacto (Paraquat, Linuron y Alaclor) y fertilizadas con urea a razón de 40 kg N/ha antes de la siembra con trigo y maíz.

Para las determinaciones analíticas, las muestras se extrajeron de 0 cm a 20 cm, en la última campaña agrícola. En cada parcela, se obtuvieron dos muestras compuestas de cinco submuestras. Idéntico procedimiento se adoptó para lograr las muestras sobre las cuales se cuantificó el amonio, el nitrato, la actividad biológica y la actividad ureásica, conservadas con su contenido hídrico a 4 °C hasta su determinación. De manera similar se trabajó con el suelo virgen.

Los análisis de carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT), pH, fósforo disponible (P), capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes intercambiables (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+1} y N^{+1}), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) fueron realizados con técnicas de rutina (Methods of... 1982); carbono liviano (CL) y nitrógeno liviano (NL), según la propuesta de Richter *et al.* (1975); el carbono soluble en agua (CS), con el método de Davidson *et al.* (1987); la actividad biológica (AB), según la metodología de Alef y Kleiner (1988) y la actividad ureásica (AU), con la técnica de Zantua y Bremner (1975). Además se calculó el carbono denso (CD), originado de la diferencia entre carbono orgánico, carbono liviano y nitrógeno denso (ND) (diferencia entre nitrógeno total y liviano).

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados expresados con base en suelo seco a 105 grados centígrados.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó respetando el diseño de bloques completamente al azar. Para la diferencia entre medias de tratamientos, se usó la prueba de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron las diferencias entre el comportamiento del SV y los tratamientos (Cuadro 1). La secuencia T-T fue la que alteró en mayor medida las propiedades del suelo estudiado, sobre todo las relacionadas con las formas de C y N totales y CS; esta situación incidió directamente sobre la AB.

Es evidente que el suplemento anual de residuos vegetales aportados por la rotación T-T (aproximadamente 3500 kg/ha) fue insuficiente para mantener los

Cuadro 1. Propiedades del suelo bajo distintas rotaciones de cultivos y del suelo virgen.

	T-T	T/S	T/S-M	SV
CO (%)	1.48 b	1.63 a	1.69 a	1.77 a
NT (%)	0.13 b	0.17 a	0.16 a	0.17 a
C/N	11.00 c	9.58 b	10.10 a	10.41 a
CL (ppm)	1 601.30 b	1 794.10 b	1 885.80 b	1 400.00 a
NL (ppm)	87.80 a	89.10 a	110.50 a	93.60 a
CL/NL	17.70 a	20.40 b	17.90 a	14.90 a
CS (mg kg ⁻¹)	0.09 b	0.17 b	0.18 a	0.18 a
CD (%)	1.33 b	1.45 b	1.50 a	1.63 a
ND (%)	0.12 b	0.14 a	0.15 a	0.16 a
AU *	13.90 b	13.60 b	13.70 b	35.60 a
AB *	5.65 b	7.34 b	9.20 a	11.80 a
NO ₃ (ppm)	89.10 b	76.40 b	69.60 b	168.20 a
NH ₄ ⁺ (ppm)	14.00 b	13.70 b	12.80 b	24.80 a
P (ppm)	42.00 b	37.80 b	33.60 c	57.30 a
CIC **	16.10 b	19.30 a	18.30 a	19.00 a
Ca ⁺⁺ **	9.88 a	11.26 a	10.30 a	10.10 a
Mg ⁺⁺ **	1.13 b	1.15 b	1.15 b	0.79 a
Na ⁺ **	0.62 b	0.65 b	0.62 b	0.48 a
K ⁺ **	2.14 b	1.78 c	2.15 b	2.54 a
pH	5.58 a	5.58 a	5.62 a	5.70 a

Notas: * $\mu\text{g NH}_4^+ \cdot 11 \text{ g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ de suelo seco;

** $\text{cmol}_o \text{ kg}^{-1}$.

Letras iguales no presentan diferencias significativas (P 5%).

niveles de materia orgánica en el suelo, especialmente las fracciones más estables.

Las secuencias T/S y T/S-M modificaron las propiedades del suelo de manera similar, pero en diferente magnitud. Es importante destacar, que en T/S-M el P disponible disminuyó; lo cual no fue un problema, ya que el contenido de ese elemento en este suelo es elevado. Además, el incremento de las formas carbonadas encontradas de fácil mineralización, como el carbono soluble, brindan el sustrato adecuado para el desarrollo y el crecimiento de microorganismos que manifiestan una actividad biológica semejante al suelo virgen. Este comportamiento favoreció la unión de partículas para la formación de agregados estables (Arrigo *et al.* 1991).

En las tres secuencias de cultivos se registró un aumento en el carbono liviano. Este efecto podría adjudicarse al incremento de la masa vegetal provocado por la fertilización nitrogenada. También disminuyeron, en forma significativa, las fuentes de N disponible como consecuencia de la inmovilización de N-NO₃ producida por un aumento de la biomasa microbiana en la superficie y por un ambiente menos oxidante que indujo a la desnitrificación.

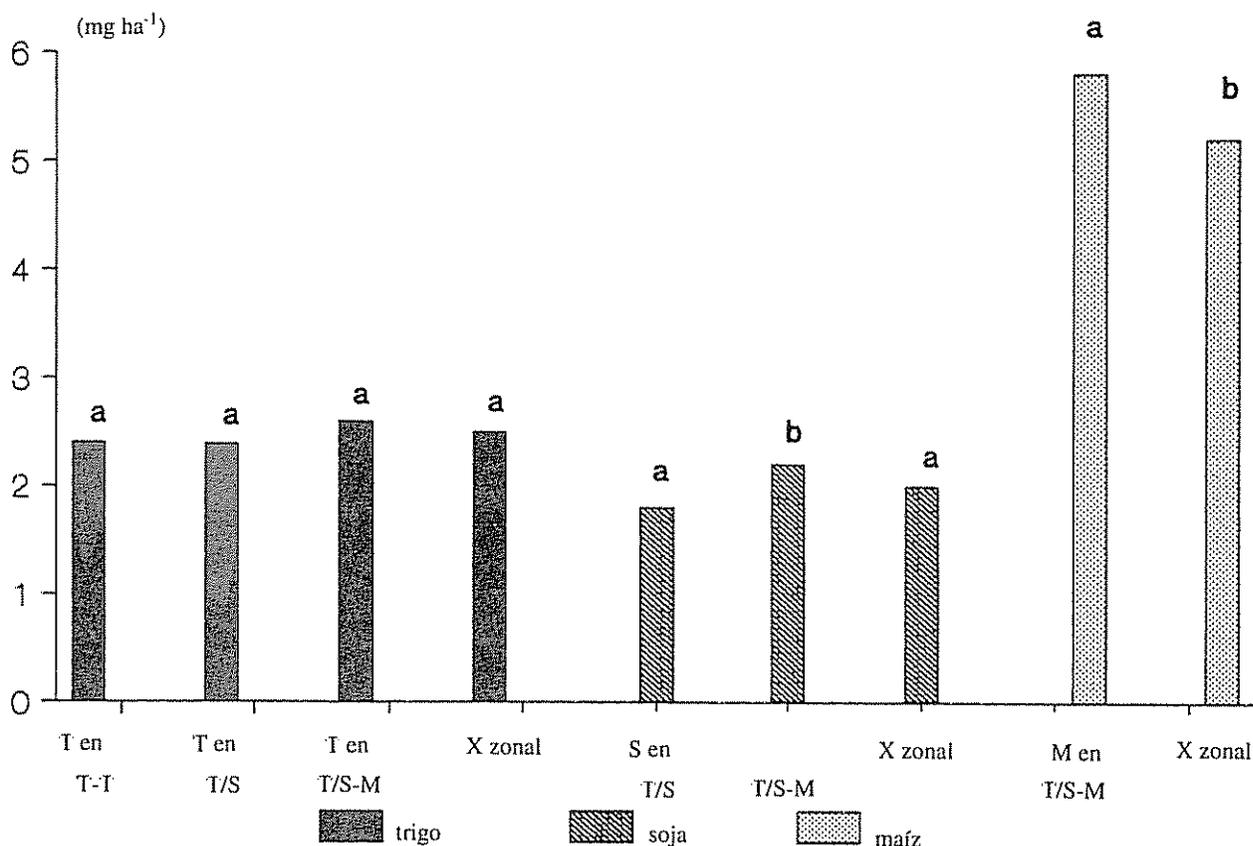
Por último, el mayor contenido de Mg y Na podría explicarse por el enriquecimiento de estos elementos trasladados desde la zona subsuperficial y que retornan al suelo por los reiterados aportes en superficie de residuos vegetales.

En el Cuadro 2 se presenta la relación entre la intensidad de cultivos por año y las variables estadísticamente significativas. Las correlaciones muestran que la intensidad de cultivos afecta a las variables: NT, C/N, CIC, K, NO₃, CS y AB. Los coeficientes encontrados

Cuadro 2. Relaciones entre propiedades del suelo e intensidad anual de cultivos.

Variabes	Ecuaciones de regresión	Coefficientes de correlación
NT (%)	$y = 0.090 + 0.038 x$	$r = 0.55^{**}$
C/N	$y = 13.15 - 1.85 x$	$r = 0.78^{**}$
CIC ($\text{cmol}_o \text{ kg}^{-1}$)	$y = 13.03 + 32.67 x$	$r = 0.87^{**}$
K ⁺ ($\text{cmol}_o \text{ kg}^{-1}$)	$y = 25.67 - 3.62 x$	$r = -0.82^{**}$
NO ₃ ⁻ (ppm)	$y = 97.38 - 12.71 x$	$r = -0.41^*$
CS (mg kg ⁻¹)	$y = 0.038 + 0.071 x$	$r = 0.72^{**}$
AB ($\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	$y = 4.900 + 1.69 x$	$r = 0.47^*$

Nota: *, **: Significativo al 5% y 1% respectivamente



Nota: Letras iguales no presentan diferencias significativas ($P \leq 5\%$)

Fig. 1. Rendimiento de los cultivos.

($P < 1\%$ ó $< 5\%$) y las ecuaciones de regresión tuvieron un coeficiente negativo en K, NO_3 y C/N, por el aumento de la extracción de nutrimentos. Además se verificó un coeficiente positivo en la CIC, la AB y el CS, características directamente relacionadas con la cantidad de residuos orgánicos suministrados por cada cultivo. También se señaló un leve aumento de NT con las fertilizaciones realizadas previamente a la siembra de trigo y maíz, que provocaron la disminución en la relación C/N.

En las condiciones de este experimento se evidenció una mínima acción degradatoria entre LO y el incremento de intensidad de cultivos, y resultaron afectadas, en el suelo, sólo las variables que dependen de la acción extractiva de las cosechas, sobre todo los elementos de poca movilidad como el K u otros de elevada demanda como el NO_3 , que se reponen fácilmente me-

dante la fertilización. En este sentido, los resultados coincidieron con los encontrados por Campbell *et al.* (1991a, b), quienes al estudiar las rotaciones de cultivos en suelos de Canadá confirmaron el efecto de control de las variables orgánicas producido por las técnicas de conservación de rastrojos y la degradación que tienen los barbechos de laboreo tradicional sobre la materia orgánica del suelo, la actividad biológica y la susceptibilidad a la erosión.

Rendimiento de los cultivos

Para poder establecer el efecto que tuvo la LO sobre los rendimientos de los cultivos en las secuencias seleccionadas, se graficaron los promedios de los rendimientos obtenidos durante el período en que se realizó el experimento y el promedio general de la zona (Fig.

1), según datos de Lattanzi (1989) y Marelli y Lattanzi (1990).

El cultivo de trigo no presentó diferencias significativas con el promedio zonal en ninguna de las secuencias. La soja manifestó su máxima producción en la secuencia T/S-M ($P < 1\%$) y en el maíz los rendimientos alcanzados fueron superiores a los promedios de la zona ($P < 1\%$). Los resultados indican que con el sistema de labranza cero, en este suelo, los rendimientos de los cultivos no presentan diferencias significativas con los promedios de la zona, pero sí se presentaron incrementos de soja y maíz cuando fueron incluidos en la secuencia T/S-M. Este resultado respondería al menor efecto degradante de esta secuencia sobre las propiedades estudiadas.

LITERATURA CITADA

- ALEF, K ; KLEINER, D 1988 Applicability of arginine ammonification as indicator of microbial activity in different soils *Biol Fert Soils* 5:148-151
- ARRIGO, N M ; PALMA, R M ; CONTI, M E . COSENTINO, D J. 1991 Incidencia de las secuencias de cultivos, sistemas de labranza y fertilización sobre algunas propiedades físicas y su relación con el carbono. *Revista de la Facultad de Agronomía* 11(2-3):151-158
- BLEVINS, R S 1984 Soil adaptability for no-tillage. In *No-tillage agriculture-principles and practices* R E Phillips, S H Phillips (Eds) New York. Van Nostrand Reynolds p 42-65
- CAMPBELL, C A ; BIEDERBECK, V O ; ZENTNER, R P ; LAFONT, G P 1991a Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black chernozem *Canadian Journal of Soil Science* 71:363-376
- CAMPBELL, C A ; SCHITZER, M ; LAFONT, G P ; ZENTNER, R P ; KNIPFEL, J E. 1991b Thirty-year crop rotations and management practices effects on soil and amino nitrogen *Soil Science Society of American Journal* 55:739-745
- DAVIDSON, E A ; GALLOWAY, L F ; STRAND, M K 1987 Assessing available carbon: Comparison of techniques across selected forest soils *Commun Soil Science Plant Anal* 18(1):45-64
- INTA (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA) 1978 Carta de Suelos de la República Argentina Marcos Juárez Hoja 3363. p 20-30
- LATTANZI, A R 1989. Secuencias de cultivos y sistemas de labranza conservacionista para la producción de soja *In Conferencia Mundial de Investigación en Soja (4)*. Actas p 2010-2015
- MARELLI, H ; LATTANZI, A. 1990 Sistemas de labranzas conservacionistas y secuencias de cultivo para soja *In Jornada de Actualización Profesional sobre Cultivos de Cosecha Gruesa* p 8-15.
- METHODS OF SOIL ANALYSIS 1982. II. 2nd ed A L Page, R H Miller, D R Keeney (Eds) Wisconsin, EE UU p 1159.
- PALMA, R M ; CONTI, M E 1989. Urease activity in Argentine soils: Field studies and influence of sample treatment *Soil Biology and Biochemistry* 22(1):105-108.
- RICHTER, M ; MIZUNO, I ; ARANGUEZ, S ; URIARTE, S 1975 Densimetric fractionation of soil organo-mineral complexes *Soil Science Journal* 26:112-123
- WAGGER, M G ; DENTON, H P 1989 Tillage effects on grain yields in a wheat, double-crop soybean, and corn rotation *Agronomy Journal* 81:493-498
- ZANTUA, M I ; BREMNER, J M 1975 Comparison of methods of assaying urease activity in soils *Soil Biology and Biochemistry* 7:291-295