



Instituto
Nacional de
Investigación
Agropecuaria

URUGUAY

MATERIA ORGANICA EN LA ROTACION CULTIVO-PASTURA

Alejandro Morón*
Walter E. Baethgen**
Roberto M. Díaz Rossello***

* Ing. Agr., Dr., Suelos. INIA La Estanzuela.

** Ph.D., M.Sc., International Fertilizer Development Center, M. Shoals, AL, USA.

*** Ing. Agr., M.Sc., Suelos. INIA La Estanzuela.

Título: MATERIA ORGANICA EN LA ROTACION CULTIVO-PASTURA

Autores: Alejandro Morón
Walter E. Baethgen
Roberto M. Díaz Rossello

Serie Técnica N° 41

© 1994. INIA.

Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay

ISBN: 9974-38-010-3

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

CONTENIDO

PRESENTACION	5
I. Mineralización de la materia orgánica del suelo en cuatro sistemas agrícolas <i>Alejandro Morón y Walter E. Baethgen</i>	7
II. Cambios en el largo plazo en el carbono y nitrógeno del suelo bajo rotación de cultivos con pasturas de leguminosas <i>Roberto M. Díaz Rossello</i>	10
III. Modelización de la evolución del contenido de materia orgánica del suelo en seis sistemas de rotaciones en el SW de Uruguay <i>Walter E. Baethgen, Alejandro Morón y Roberto M. Díaz Rossello</i>	13

PRESENTACION

La presente publicación contiene los resúmenes ampliados de los trabajos presentados por INIA al 15° Congreso Internacional de Ciencia de Suelo a realizarse en Acapulco, México, del 10 al 16 de Julio de 1994. En su realización, se contó con la participación del International Fertilizer Development Center (IFDC).

Los tres trabajos tienen en común el hecho de haberse generado sobre o a partir de un experimento de rotaciones de cultivos y pasturas instalado en INIA-La Estanzuela.

La sustentabilidad de los sistemas de producción en el mediano y largo plazo es un objetivo, actualmente, ampliamente aceptado. La información presentada intenta cuantificar y entender parte de los procesos de uso y manejo de suelos que determinan la sustentabilidad de los sistemas de producción.

MINERALIZACION DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS AGRICOLAS

Morón A.
Baethgen W.

INTRODUCCION

La materia orgánica del suelo (MOS) es uno de los factores que afecta la sustentabilidad de los sistemas productivos. El uso y manejo del suelo tiene importantes efectos, negativos o positivos, en el contenido de MOS del suelo (2). Generalmente, el desarrollo de la agricultura convencional determina una significativa disminución del contenido de MOS. Por otra parte, los cambios registrados en las últimas décadas en la concentración de CO₂ en la atmósfera están en parte relacionados al uso y manejo de suelos.

El conocimiento del ciclo del carbono en diferentes sistemas agrícolas permitiría implementar prácticas de uso y manejo de suelos y cultivos que contemplen los aspectos agronómicos y ecológicos.

El presente trabajo tuvo como objetivo cuantificar *in situ* la mineralización del C orgánico del suelo en distintos sistemas de rotaciones de cultivos y pasturas en el SW de Uruguay.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron 4 rotaciones con características contrastantes de un experimento que comenzó en 1963 en la Estación Experimental La Estanzuela, Uruguay. El suelo es un Molisol con una textura franco-arcillo-limosa.

Las rotaciones seleccionadas fueron las siguientes: S1, cultivos continuos (sorgo, cebada, girasol, trigo) sin fertilizante; S2, cultivos continuos (misma secuencia) con fertilización nitrogenada (N) y fosfatada (P); S5, una rotación de 6 años con fertilización N y P, la mitad del tiempo bajo cultivos y la otra mitad bajo pasturas de gramíneas y leguminosas; S7, una rotación de 3 años con fertilización N y P con el 67% del tiempo bajo cultivos y el 33% del tiempo con trébol rojo. En todos los tratamientos la siembra de cultivos y pasturas fue realizada con preparación convencional del suelo. Para el presente trabajo todas las parcelas seleccionadas se encontraban en la fase de cultivos (trigo y cebada).

El experimento tiene un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas tienen un tamaño de 25 x 200 m. Las tasas diarias de mineralización fueron determinadas en dos períodos (invierno y primavera) de 14 días cada uno durante 1992. En dos parcelas de cada rotación se marcaron rectángulos de 1.5 x 22.4 m. Semanas antes de comenzar las determinaciones fueron eliminadas manualmente las plantas. Cada día, en cada parcela de cada rotación se registraban 10 determinaciones de mineralización. Se utilizaron cilindros de metal de 25 cm de diámetro por 28 cm de altura que luego se enclavaban (2-3 cm) en el suelo. El CO₂ liberado por el suelo reaccionaba con una solución de NaOH 1M que se encontraba dentro del área cubierta por el cilindro. Posteriormente, por titulación con HCl se determinaba la soda que no había reaccionado con el CO₂. Diariamente se colocaba nueva solución de NaOH. Paralelamente y en forma diaria se determinaba la cantidad de CO₂ presente en el

aire de cilindros que no estaban en contacto con el suelo. Mayores detalles de la metodología utilizada se pueden encontrar en Anderson (1).

La determinación diaria de temperatura del suelo fue realizada con geotermómetros a una profundidad aproximada de 5 cm. La humedad del suelo en cada parcela se determinó diariamente por el método gravimétrico. El C orgánico del suelo se determinó en suelo seco tamizado a 1mm usando K₂Cr₂O₇ y calor.

RESULTADOS Y DISCUSION

La mineralización de la materia orgánica del suelo fue significativamente mas alta en primavera que en invierno. A su vez, los sistemas de rotaciones puramente agrícolas (S1 y S2) fueron significativamente inferiores a los sistemas que incluían pasturas (figura 1).

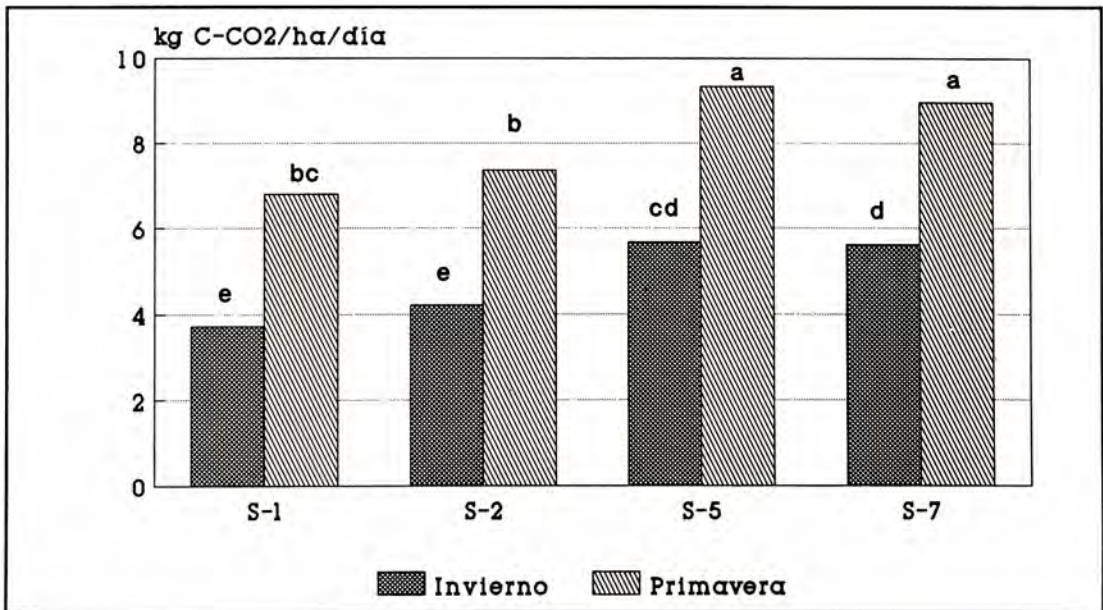


Figura 1. Mineralización de la MOS en 4 sistemas agrícolas durante 2 estaciones. Medias con la misma letra no difieren significativamente (LSD 0.05).

Se encontró una estrecha relación, en ambas estaciones, entre el contenido de C orgánico del suelo y el valor promedio de la mineralización en cada repetición de los sistemas de rotaciones en las respectivas estaciones:

(a) Invierno: $CO_2 = -0.13 + 0.25 X \% C \text{ orgánico}$;
 $r = 0.90, n = 8$

(b) Primavera: $CO_2 = 1.94 + 0.31 X \% C \text{ orgánico}$;
 $r = 0.87, n = 8$

Donde $CO_2 = \text{kg C-CO}_2/\text{ha/día}$, y $C_{org} = \text{g C/kg suelo}$.

Dentro de las variables climáticas estudiadas la temperatura presentó un efecto importante en la tasa diaria de mineralización. La temperatura media del período invernal fue 12.5°C y un $\%CV = 14.9$, mientras que en primavera fue 23°C y un $\%CV = 6.6$. La temperatura media como variable independiente explicó el 55% de la variación de los promedios diarios de los valores de mineralización de cada parcela en ambas esta-

ciones ($r^2 = 0.55, n = 224$). Cuando se agrega la variable presencia o ausencia de pasturas en la rotación de cada sistema la explicación de la variación de la mineralización diaria aumenta al 73%. La humedad del suelo sólo presentó restricciones importantes en la mineralización del C orgánico cuando los valores disminuyeron entorno de $120\text{-}130 \text{ g H}_2\text{O/kg}$ de suelo seco.

BIBLIOGRAFIA

1. Anderson, J.P.E. 1982. Soil Respiration. In: Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R. ed. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Second edition, p 831-871.
2. Díaz Rossello, R.M. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. In: Morón, A.; Baethgen, W. ed. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas N°1 Tomo 1. p 111-126.

CAMBIOS EN EL LARGO PLAZO EN EL CARBONO Y NITROGENO DEL SUELO BAJO ROTACION DE CULTIVOS CON PASTURAS DE LEGUMINOSAS

Díaz Rossello R.

INTRODUCCION

La rotación de pasturas de gramínea-leguminosa con cultivos de grano fue extensivamente adoptada por los productores del SW de Uruguay. La siembra de cultivos continuos no es sustentable después de algunos años debido a la pérdida de Materia Orgánica (MO) a través de la erosión del suelo. El éxito de esta práctica está basado principalmente en lo económico de la siembra asociada de cultivos de invierno y leguminosas y el efecto de el nitrógeno fijado por las leguminosas en la productividad.

Gran parte de la información disponible sobre los cambios en la Materia Orgánica (MO) y Nitrógeno Total (N) en sistemas de cultivos con pasturas proviene de zonas templadas y frías. El clima subtropical de la región con lluvias intensas hace que del proceso selectivo de la erosión sea la principal causa de la disminución de la MO y el N del suelo.

MATERIALES Y METODOS

El efecto en el corto y largo plazo de diferentes pasturas en rotación con cultivos en la MO y N de la capa arable (20 cm) fue estudiado en un suelo franco arcillo-limoso. Siete sistemas de rotaciones (con 3 repeticiones) con diferencias en; la secuencia de cultivos, el tipo de pastura (leguminosa y no leguminosa) y la duración de la pastura fueron evaluados en un experimento desde 1964 a 1990. El sitio experimental fue utilizado con cultivos durante muchos años previamente a que comenzara el experimento.

El diseño de gran escala, con parcelas de 5000 m² (25m x 200m), permitió que la erosión se desarrollara sin restricciones (2).

El C orgánico fue medido por el método de Tinsley ($K_2Cr_2O_7$ + calor) y expresado como MO utilizando el factor 1.72. El análisis fue realizado en muestras tomadas todos los años en otoño a una profundidad de 20 cm.

RESULTADOS Y DISCUSION

En promedio la pérdida de MO de las rotaciones de cultivos continuos fue $744 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (1). Esto resultó en 23.4% de reducción en el contenido original después de 28 años. Si la oxidación fuera el principal factor en determinar la pérdida de MO bajo los sistemas de cultivos debería esperarse una declinación lenta y asintótica. La alta y consistente disminución de la MO por casi 30 años revela que la erosión del suelo probablemente explique la mayor parte de esas pérdidas.

Después de cuatro años de una pastura de trébol blanco (*Trifolium repens*), lotus (*Lotus corniculatus*) y festuca (*Festuca arundinacea*), el contenido de MO incrementa aproximadamente 0.5% lo cual representa 12.5 Mg ha^{-1} en la capa arable (0-20 cm) del suelo. Esa MO fresca es susceptible de oxidarse y se pierde a razón de 4 Mg ha^{-1} durante los siguientes 4 años de la fase de cultivos anuales. Por tanto, cerca de 16 Mg ha^{-1} desaparecen en la fase de cultivos y resulta un pequeño balance negativo debido a la no incorporación de practicas de laboreo conservacionista (figura 1). Sin embargo, los sistemas de rotación

con pasturas de leguminosas perdieron cerca de 8 veces menos MO ($96 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) que los sistemas con cultivos anuales continuos.

Esos sistemas con agricultura continua tuvieron una pérdida promedio de $53.7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de N, mientras la rotación con igual período bajo pasturas perennes (4 años) y cultivos con laboreo (4 años), que completó 3 ciclos, tiene una ligera disminución en el contenido de N.

La fase de cuatro años de una pastura mezcla de gramínea-leguminosa incorporó promedialmente de cerca de $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de N en la capa arable (figura 2). El rendimiento en materia seca de la parte aérea de las especies de leguminosas fue de 12.5 Mg ha^{-1} durante el ciclo de pasturas. Por tanto, una producción de 25 kg ha^{-1} de materia seca de leguminosa fue estimada como necesaria para fijar 1 kg de N en el suelo.

El uso del N residual por los cultivos anuales podría ser muy ineficiente. La disminución del nitrógeno fue de 650 kg N ha^{-1} después de 4 años de cultivos, mientras que la producción acumulada de grano fue solo de 7.1 toneladas ha^{-1} de grano. El N orgánico suministrado principalmente

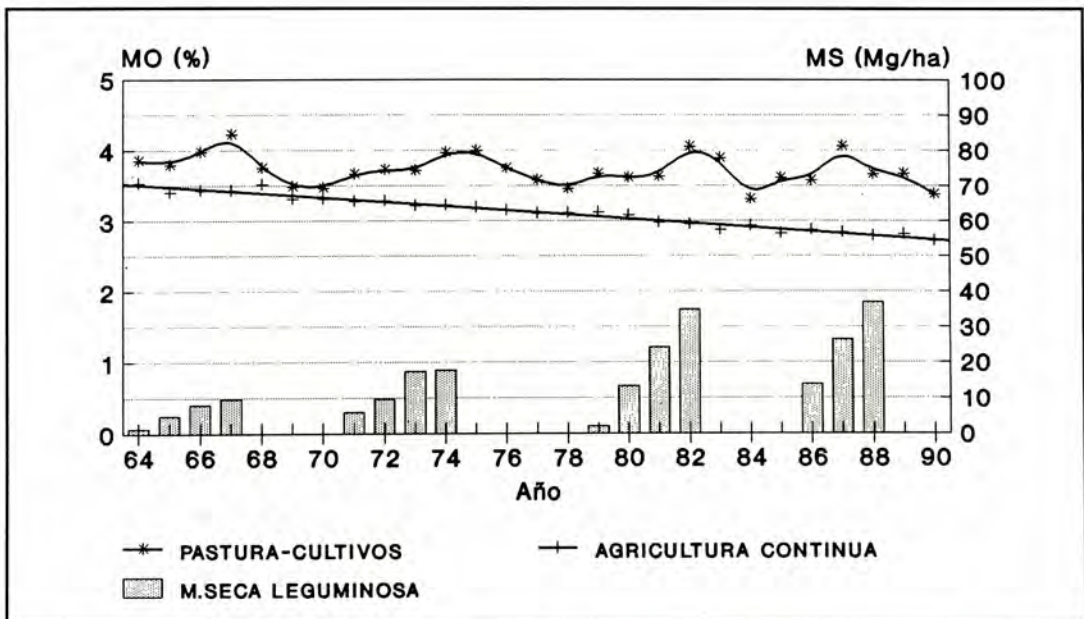


Figura 1. Cambios en la MO y producción de Materia Seca (MS) desde 1964 a 1990.

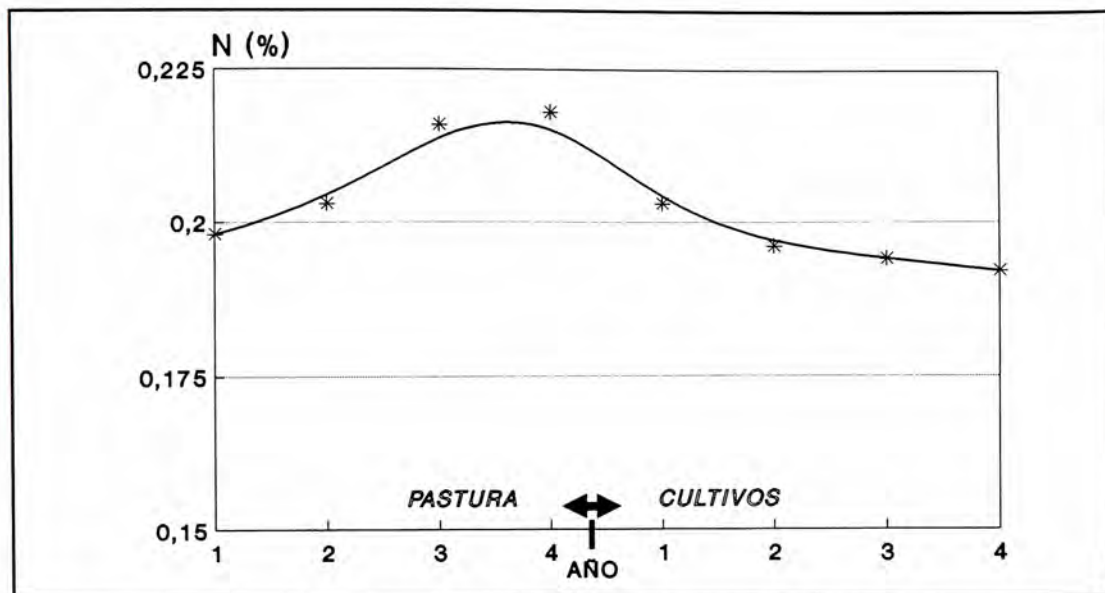


Figura 2. Modelo de la evolución de nitrógeno para 4 ciclos de rotación cultivo-pastura.

por residuos de leguminosas, disminuye a tasas de 58%, 27%, 8% y 7% durante el primer, segundo, tercer y cuarto año de cultivo respectivamente (figura 2).

Así, las principales salidas de N (denitrificación, lavado y la erosión selectiva) podrían ser medidas con el propósito de determinar las prácticas agronómicas que permitan incrementar la utilización del N residual.

BIBLIOGRAFIA

1. Díaz-Rossello, R. 1992. Evolución de la Materia Orgánica en Rotaciones de Cultivos con Pasturas. In: Morón, A.; Baethgen, W. ed. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas N° 1 Tomo 1. p 111-126.
2. Díaz-Rossello, R. 1992. Evolución del nitrógeno Total en Rotaciones con Pasturas. In: Morón, A.; Baethgen, W. ed. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas N°1 Tomo 1. p 27-35

MODELIZACION DE LA EVOLUCION DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DEL SUELO EN SEIS SISTEMAS DE ROTACIONES EN EL SW DE URUGUAY

Baethgen W.
Morón A.
Díaz Rossello R.

INTRODUCCION

Los efectos beneficiosos de la materia orgánica del suelo (MOS) sobre las propiedades físicas del suelo así como sobre la dinámica de nutrientes vegetales son ampliamente reconocidos. Las actividades de colaboración en investigación que el INIA y el IFDC están desarrollando en Uruguay se basan en la hipótesis de que el avance en el conocimiento de la dinámica de MOS contribuirá al desarrollo de sistemas de producción sustentables para la región.

Los experimentos de largo plazo son probablemente la mejor herramienta para estudiar los efectos de diferentes prácticas agronómicas sobre la capacidad productiva de los suelos. Sin

embargo, y debido a razones de origen tanto económico como práctico, los experimentos de larga duración en el mundo son escasos. Por otro lado los modelos de simulación adecuadamente calibrados y validados, podrían jugar un rol fundamental en el estudio de la evolución de la MOS en regiones y/o sistemas de producción para los cuales no existen experimentos de largo plazo. La información resultante de experimentos de larga duración bien documentados son necesarios para calibrar y validar modelos de simulación que podrán luego ser utilizados a otras situaciones productivas u otras regiones. Uno de los experimentos de largo plazo más antiguos de América Latina comenzó en 1963 y está ubicado en la Estación Experimental "La Estanzuela" del INIA, Uruguay.

Los objetivos de la investigación presentada en este artículo fueron: (a) identificar los factores mas importantes controlando los cambios en el contenido de carbono (C) orgánico del suelo en el experimento de largo plazo de "La Estanzuela"; y (b) evaluar la capacidad del modelo CENTURY para simular dicha evolución.

MATERIALES Y METODOS

El experimento de largo plazo de "La Estanzuela" que ya cuenta con 30 años de existencia, está ubicado en el SW de Uruguay (34 S, 57 W), sobre un Argiudol típico. Dicho experimento evalúa los siguientes siete sistemas de rotación: S1, cultivos continuos (trigo, sorgo, cebada cervecera, girasol, etc) sin aplicaciones de fertilizantes; S2 y S6, cultivos continuos con agregado de fertilizante N y P; S3 y S5, 50% del tiempo bajo cultivos y 50% del tiempo bajo pasturas pluri-anales que incluyen gramíneas y leguminosas; S4, 33% del tiempo bajo cultivos y 67% del tiempo bajo pasturas (estos porcentajes se reversionaron a partir de 1983); y S7, 67% bajo cultivos y 33% bajo trébol rojo. Los siete sistemas están distribuidos en tres bloques completos al azar y la secuencia de cultivos no se encuentra sincronizada en el tiempo. De esta manera del efecto año está parcialmente considerado en el diseño experimental. El tamaño de las parcelas es de 0.5 ha (25 m de ancho por 200 m de longitud) por los que los equipos de laboreo, pulverización, etc, empleados en el experimento son similares a los utilizados por los productores de la región. desde el comienzo del experimento se realizó por lo menos un muestreo de suelos por año, y en estas muestras se determinó el contenido de C orgánico ($K_2Cr_2O_7$, con calor). Los resultados para el S3 no fueron incluidos en esta investigación.

Para la identificación de los factores mas importantes controlando la evolución del C orgánico del suelo se valoraron modelos de regresión multiples. Se utilizó el procedimiento RSQUARE de SAS para seleccionar el mejor modelo de regresión en cada sistema. El modelo de regresión múltiple considerado como el mejor para cada sistema fue aquel que resultara en el menor cuadrado medio del error el menor valor C_p , y el

mayor valor de R^2 . Se utilizó el procedimiento GLM de SAS para estimar los coeficientes de regresión para los modelos ajustados.

El modelo CENTURY (1) simula la dinámica en el largo plazo del C, N, P y S del suelo en diferentes sistemas suelo-planta. El modelo trabaja con intervalos de tiempo mensuales y requiere de la siguiente información como entradas (*input*): textura del suelo, condiciones climáticas (temperatura máxima y mínima, y precipitaciones), composición y manejo de los residuos vegetales, y contenido inicial de C, N, P, y S del suelo. El sub-modelo de MOS de CENTURY se basa en particiones múltiples o "pools": tres pools de MOS (activa, lenta y pasiva) con diferentes tasa de descomposición; dos pools de residuos vegetales (superficial y subsuperficial); y un pool microbiano superficial asociado a la descomposición de residuos en cobertura.

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de MOS presentó una gran variación durante los 30 años de duración del experimento. Los modelos de regresión múltiple que mejor explicaron esta variación (figura 1) incluyeron siempre como variables independientes al número de años bajo cultivos (efecto lineal negativo), el número de años bajo pasturas (efecto lineal positivo), y el numero de operaciones de laboreo primario (efecto lineal negativo). En el S5 el modelo de regresión incluyó además coeficientes cuadráticos para el numero de años bajo cultivos y para el número de años bajo pasturas. Todos los coeficientes de regresión ajustados fueron significativos ($P < 0.05$) y los valores de los coeficientes de determinación (R^2) fueron siempre superiores a 0.70.

A continuación se evaluó la capacidad del modelo CENTURY para simular la evolución del contenido de MOS en tres sistemas contrastantes: S1 (cultivos continuos sin fertilizantes), S2 (cultivos continuos con fertilizantes N y P), y S5 (3-5 años de gramíneas y leguminosas seguidos por 3-5 años de cultivos). El modelo CENTURY simuló adecuadamente la evolución del contenido de C orgánico del suelo en estos tres sistemas tal como lo muestra la figura 2. Para los tres sistemas

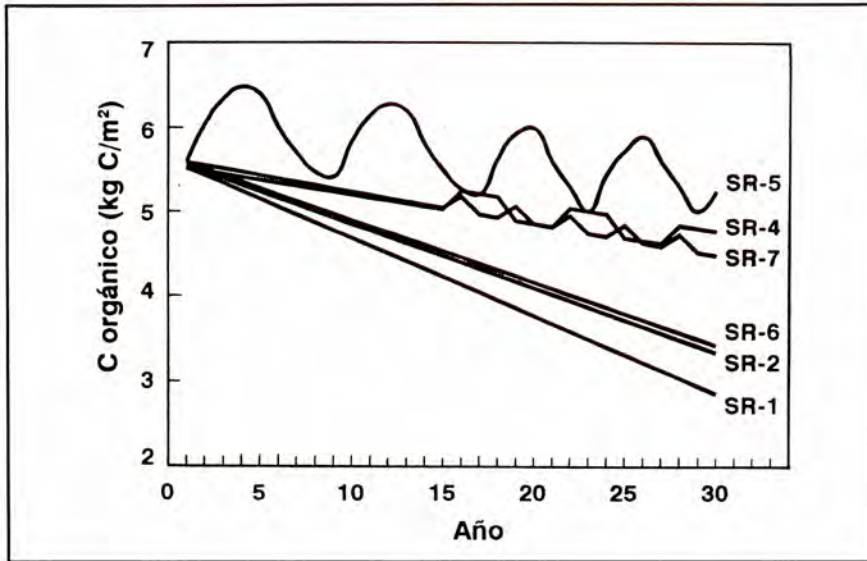


Figura 1. Modelos de regresión ajustados para seis sistemas de rotación.

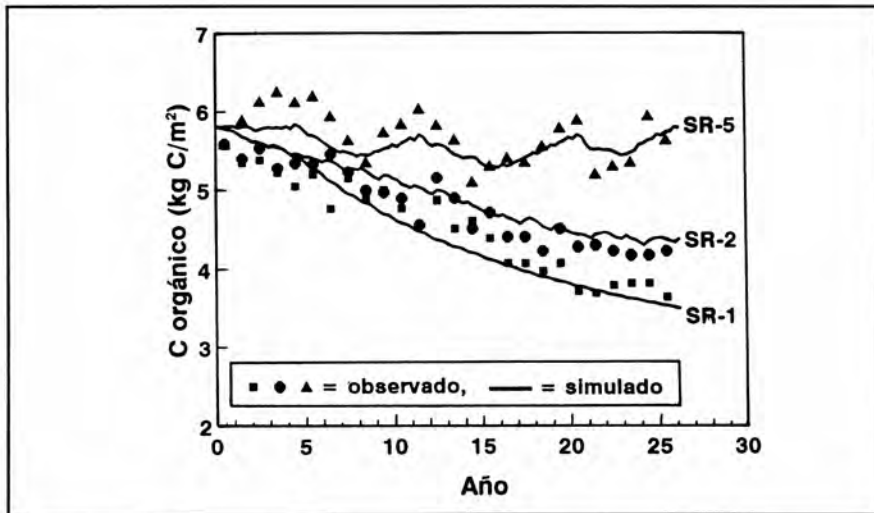


Figura 2. Simulaciones del modelo CENTURY en tres sistemas de rotación.

evaluados, los valores simulados y observados presentaron una muy alta correlación ($r = 0.89$, $P < 0.01$). Estos resultados sugieren un buen potencial para la utilización del modelo CENTURY para simular la dinámica del la MOS bajo diferentes sistemas de producción en el Uruguay.

BIBLIOGRAFIA

1. Parton, W.J.; McKeown, R.; Kirchner, V.; Ojima, D. 1992. Users guide for the CENTURY model. Colorado State University.

Este libro se imprimió en los Talleres Gráficos de
Editorial Hemisferio Sur S.R.L.
Montevideo-Uruguay

Edición Amparada al Art. 79. Ley 13.349
Depósito Legal 289.232/94

C 4115