

Froilán Contreras*, Carmen Rivero** y Jorge Paolini ***

*Facultad de Ciencias, U.L.A. Mérida. **Facultad de Agronomía, U.C.V. Maracay. ***Centro de Ecología, I.V.I.C., Apartado 21827, Caracas, 1020-A.

Resumen

La incorporación de residuos orgánicos (RO) al suelo provoca modificaciones de la actividad de las enzimas presentes en el mismo, entre ellas la ureasa, la cual tiene una gran importancia en áreas donde se use fertilización química a base de urea. En la zona agrícola del Valle medio del río Yaracuy, es frecuente el uso de urea como fertilizante nitrogenado y en la actualidad se evalúa la posibilidad de incorporar RO como práctica mejoradora de las condiciones físicas de estos suelos. Se evaluó la actividad ureásica de un Oxíc Haplustalf sometido a la incorporación de RO (*Crotalaria juncea*, *Pennisetum purpureum* y *Phaseolus lunatus*) y dos tipos de labranza: conservacionista y convencional. Los muestreos se realizaron, con una frecuencia quincenal, a dos profundidades del suelo 0-10 cm y 10-20 cm, determinando, en cada muestra, la actividad ureásica por el método de la urea remanente. En general, se observó una disminución de la actividad ureásica a través del ciclo del cultivo de maíz. Los valores de la actividad ureásica variaron entre 91 y 156 $\mu\text{g urea.g suelo}^{-1}.\text{h}^{-1}$ en los primeros diez centímetros y de 66 a 109 $\mu\text{g urea.g suelo}^{-1}.\text{h}^{-1}$ entre 10 y 20 cm de profundidad. Las variaciones observadas reflejan cambios en el régimen hídrico del suelo: humedecimiento y secado.

Palabras clave: Residuos orgánicos, ureasa, Yaracuy, labranza.

Abstract

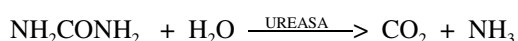
A study was performed in order to evaluate the enzymatic activity (urease) on an Oxíc Haplustalf of the agricultural area of the Yaracuy valley (Yaritagua, Estado Yaracuy, Venezuela). The soil tillage was done with minimum and conventional tillage operations and maize was planted. Three kinds of organic residues (*Crotalaria juncea*, *Pennisetum purpureum* y *Phaseolus lunatus*) were incorporated. Sampling was made (every 15 day) two depths (0-10 cm and 10-20 cm) and urease activity was determined. Urease activity varied from 91 to 156 $\mu\text{g urea.g soil}^{-1}.\text{h}^{-1}$ in the first 10 cm, and 66 to 109 $\mu\text{g urea.g soil}^{-1}.\text{h}^{-1}$ at 0-20 cm depth in the different treatments. The variation in the enzymatic activity was possibly due to changes in the soil moisture level.

Key words: Organic residues, urease, Yaracuy, tillage

INTRODUCCIÓN

La descomposición de residuos de animales o plantas en el suelo liberan nutrientes esenciales tales como: nitrógeno, fósforo y azufre, necesarios tanto para el crecimiento microbiano como para la nutrición de las plantas. Las enzimas, mediante transformaciones bioquímicas, están involucradas en la descomposición de los RO y en el ciclo de los nutrientes en el suelo (Martens *et al.*, 1995). La incorporación de estos materiales orgánicos al suelo promueve una mayor actividad microbiana y enzimática (Zantua y Bremner, 1976; Nannipieri *et al.*, 1983). En tal sentido, para el suelo utilizado en la realización de este ensayo, Rivero y Paolini (1993), indican incrementos importantes de la actividad biológica del suelo como consecuencia de la incorporación de RO, especialmente *crotalaria*.

La ureasa es una enzima que participa en el proceso de hidrólisis de la urea, a través de la siguiente reacción (Paul y Clark, 1989):



La importancia de esta reacción, desde el punto de vista agronómico, es derivada del hecho de que la urea es una de las fuentes nitrogenadas más utilizadas. En tal sentido Bremner (1996) señala que la adición de materiales que incrementen la

actividad de la ureasa puede llegar a crear problemas de fitotoxicidad, como consecuencia de la liberación de NH_3 durante la reacción de hidrólisis.

Dick (1984), comparó la actividad de la ureasa en dos suelos, sometidos a labranza convencional y a labranza mínima (cero labranza), encontrándose diferencias entre ellos, como consecuencia de los distintos estados de descomposición de los RO. En suelo no labrado se espera una mayor actividad enzimática, y una disminución rápida al incrementarse la profundidad; en tanto que en el suelo bajo labranza convencional, la actividad de la ureasa es relativamente uniforme en los primeros treinta centímetros.

En el país es escasa la información acerca del conocimiento de la actividad enzimática de los suelos agrícolas, por lo que se plantea esta experiencia cuyo objetivo consistió en evaluar la actividad ureásica como consecuencia de la aplicación de RO (*crotalaria*, pasto elefante y tapiramo), así como de dos tipos de labranza (conservacionista y convencional) durante el ciclo de cultivo del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona estudiada se ubica en la estación experimental del FONAIAP localizada en el Municipio Peña, Distrito Yaritagua del estado Yaracuy (10° 05' de latitud norte y 69° 07' de longitud oeste), a una altura de 320 msnm, correspondiendo se-

gún la clasificación de Holdrige a un bosque seco tropical. El promedio anual de precipitación está alrededor de 940 mm, con una alta variabilidad en la distribución de las lluvias y en la lámina total de un año a otro. Durante el período lluvioso, meses de Mayo a Octubre, se presentan lluvias tormentosas escasas, pero de alta intensidad cuyo poder de erosión es considerable (León, 1993).

Los cultivos predominantes son caña de azúcar y maíz, este último, a menudo sembrado en terrenos de alta pendiente con suelos que poseen una baja estabilidad estructural, y que son sometidos a una inadecuada mecanización, debido a un excesivo uso de maquinaria y al laboreo del suelo con contenidos de humedad inapropiados.

El suelo usado en el estudio está clasificado como Oxic Haplustalf, arcilloso, caolinítico, isohipertérmico perteneciente a la serie Uribeque, presentando moderados contenidos de arcilla con incrementos en profundidad, estructura blocosa subangular, permeabilidad moderada y limitaciones por topografía y fertilidad química (Comerma y Ovalles, 1984). El Cuadro 1 ilustra las principales características del mismo.

Cuadro 1. Características del Oxic Haplustalf de la serie Uribeque.

PROF. cm	a %	L %	A %	TEXT.	pH H ₂ O	CO %	CIC cmol(+).Kg ⁻¹
0-10	49,5	28,1	22,4	F	7,2	0,86	6,6
10-30	44,7	29,3	26,0	F	7,5	0,70	5,4
30-60	39,4	24,9	35,7	FA	8,1	0,31	5,5
60-100	33,5	23,7	42,8	A	8,1	0,19	6,4
100-160	35,3	22,1	42,6	A	7,7	0,15	6,5

Se evaluaron siete tratamientos resultantes de la combinación de: labranza convencional, el residuo se cortó y se incorporó al suelo mediante dos pases de rastra liviana y labranza conservacionista, el residuo se cortó y se dejó en superficie, y tres tipos de residuos: dos leguminosas, tapiramo (*Phaseolus lunatus*) y crotalaria (*Crotalaria juncea*) y una gramínea, pasto elefante (*Penisetum purpureum*).

El diseño experimental utilizado fué en parcelas divididas, con cuatro repeticiones por tratamiento. La parcela principal medía 24 m² y las subparcelas 6 m². El Cuadro 2, resume los tratamientos aplicados y recoge bajo la columna "siglas" la nomenclatura que se usará para designar cada uno de ellos.

Se recolectaron muestras cada 15 días a partir de la siembra del maíz, para lo cual se muestreó en las subparcelas, procediéndose a tomar cuatro submuestras usando un barreno tipo Veimeyer. La mezcla de las cuatro submuestras permitió obtener una muestra compuesta por cada subparcela y así sucesivamente para cada tratamiento. El muestreo se realizó a dos profundidades entre 0-10 cm y entre 10-20 cm .

Cuadro 2. Tratamientos aplicados en el ensayo.

SIGLAS	TIPO DE LABRANZA	TIPO DE RESIDUO
BSI	CONSERVACIONISTA	BARBECHO
TSI	CONSERVACIONISTA	TAPIRAMO
CSI	CONSERVACIONISTA	CROTALARIA
CI	CONVENCIONAL	CROTALARIA
PEI	CONVENCIONAL	PASTO ELEFANTE
PE/CI	CONVENCIONAL	PASTO ELEFANTE + CROTALARIA
BI	CONVENCIONAL	BARBECHO

Para los diversos análisis, las muestras fueron colocadas en el invernadero por dos o tres días para secar, luego se tamizaron a 2 mm y se procedió a medir la actividad ureásica por medio del método de Tabatabai (1982), modificado por Praveen-Kumar y Aggarwal (1989), en el cual se mide la urea remanente luego de la incubación del suelo con dicho sustrato.

Las dosis equivalentes de residuos utilizadas variaron entre 8,5 y 12 Mg ha⁻¹, ilustrándose la composición de dichos residuos en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis químico de las especies usadas.

Residuo	% N	% P	% Ca	% Mg	% K	% CO	C:N
Crotalaria	3,21	0,30	2,63	0,44	1,44	46,52	14,5
Tapiramo	1,85	0,25	1,60	0,26	1,74	54,22	29,3
Pasto elefante	2,48	0,43	1,08	0,26	2,43	55,30	22,3

Una vez obtenidos los resultados de actividad ureásica del suelo, éstos fueron analizados estadísticamente, aplicándose la prueba de normalidad de Will-Shapiro mediante el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1988). La ausencia de normalidad obligó a ejecutar pruebas no paramétricas, por lo que se aplicó la prueba de significancia usando el ensayo de comparación de Friedman. Los estudios no paramétricos se realizaron usando el paquete BMDP (Dixon, 1990). Los análisis estadísticos permitieron comparar la modificación de la actividad ureásica como consecuencia de los tratamientos aplicados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo al estudio de la dinámica de la ureasa en el suelo, se obtuvieron medidas preliminares de dicha actividad. La investigación se llevó a cabo a dos profundidades, por cuanto en esa misma forma se realizó el estudio de la dinámica de la ureasa en el suelo. Los valores encontrados fueron los siguientes:

Profundidad	Actividad de la Ureasa (µg urea.g suelo ⁻¹ .h ⁻¹)
0-10 cm	139,78 ± 13,50
10-20 cm	126,03 ± 14,50

Dichos valores corresponden al promedio de 14 mues-

tras compuestas distribuidas aleatoriamente en el área de ensayo, los cuales son similares a los encontrados en la literatura (Bremner y Mulvaney, 1978; Zantua y Bremner, 1977).

La Figura 1 (a y b) ilustra el comportamiento detectado para la actividad ureásica bajo el uso de residuos a ambas profundidades en el sistema de labranza conservacionista, donde el residuo es dejado sobre la superficie del terreno.

En la Figura 1a se observa una disminución de la actividad enzimática en la capa superficial en los tratamientos con respecto a los niveles preliminares en los estadios iniciales (15 días) y luego un ascenso de dicha actividad hacia los 30 días del ciclo del cultivo. Se destaca la crotalaria, sobre el tapiramo y el barbecho sucesivamente; esto pareciera indicar que el material de crotalaria, presenta una fracción fácilmente degradable con respecto al tapiramo, sobre todo hasta los 60 días del ciclo del cultivo, donde comienza a ser importante la descomposición del tapiramo por encima de la crotalaria, manteniéndose la situación hasta los estadios finales, o pudiera indicarse que a partir de ese momento la crotalaria es más difícil de descomponerse lo cual podría estar ligado a sus altos contenidos de lignina (Rivero, 1993).

Por otra parte, las fluctuaciones de la actividad ureásica, a través del tiempo, pueden ser consecuencia de los procesos de rehumedecimiento y secado del suelo derivados de las condiciones climáticas, los cuales constituyeron la característica predominante del ciclo de cultivo evaluado, tal como lo indica el trabajo de León (1993), realizado sobre las mismas unidades experimentales durante el mismo ciclo.

Un comportamiento similar fué señalado por Gonzalez-Carcedo *et al.* (1981), quienes hallaron estas mismas variaciones de la actividad ureásica como consecuencia del contenido de humedad de la muestra, esto coincide con los resultados obtenidos en el presente ensayo, encontrándose bastante similitud entre las curvas de la dinámica mostrada por dichos autores.

A pesar de que se ha planteado que la materia orgánica es la responsable de la magnitud y el sentido de la evolución de las poblaciones microbianas con capacidades fisiológicas específicas (Alexander, 1977; Paul y Clark, 1989), tal es el caso de organismos ureolíticos y proteolíticos los cuales serían los responsables de la actividad ureásica neta observada (los ureolíticos tienen efecto positivo y los proteolíticos negativo sobre dicha actividad) pareciera que en esta experiencia, el balance final para los distintos tratamientos fue similar. Esto se confirma en el análisis estadístico, donde no se revelaron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,176$), lo cual al observar en conjunto la dinámica de los tratamientos en el tiempo, parece razonable, por cuanto en los estadios iniciales es la crotalaria quien produce mayor nivel de actividad y luego hacia los estadios finales es el tapiramo, es decir, que no hay un efecto neto y claro de uno solo de los RO durante todo el ciclo y de allí la compensación de dicho efecto, evitándose la predominancia de un residuo sobre otro.

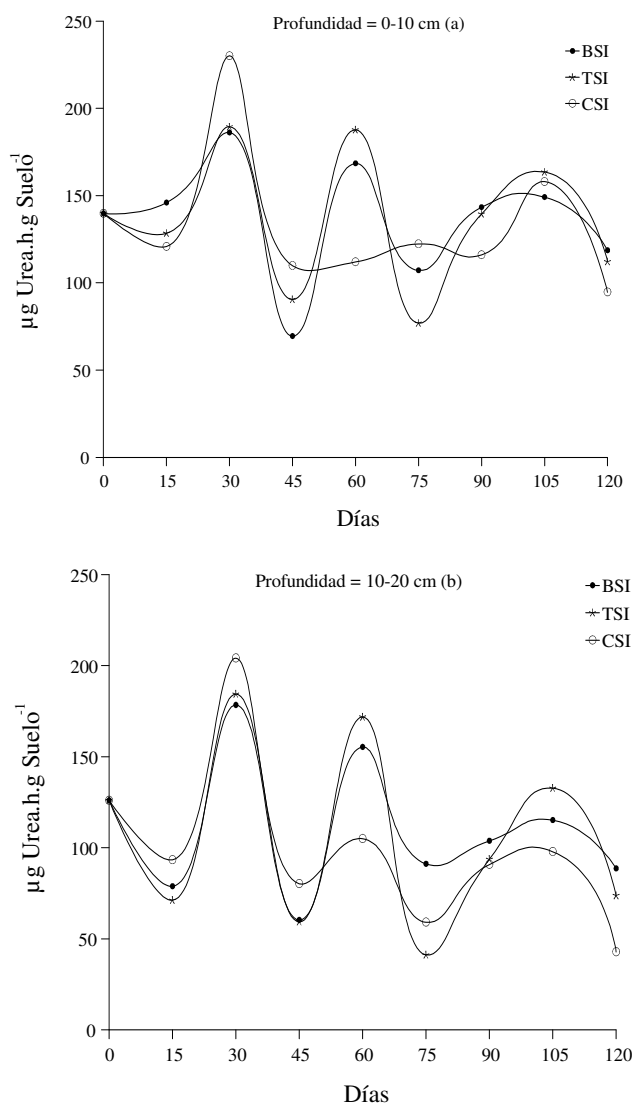


Figura 1. Variación de la actividad ureásica en el suelo bajo labranza conservacionista a 0-10 cm (a) y 10-20 cm (b) de profundidad.

El estudio comparativo de la actividad ureásica, bajo labranza conservacionista, en la capa subsuperficial, no varía mucho en relación a los niveles de la capa superior, sólo como es de esperar, los valores de actividad ureásica son menores, con respecto a los niveles de la capa superior.

En el caso de la labranza convencional, la actividad ureásica para los distintos residuos, se muestra en la Figura 2a en los primeros diez centímetros y en la 2b para 10-20 cm.

En los estadios iniciales (30 días), el tratamiento donde se utilizó pasto elefante presenta mayor actividad ($300 \mu\text{g} \cdot \text{g} \cdot \text{h}^{-1}$) con respecto al resto de los tratamientos, pero luego en los estadios intermedios y finales, a partir de los 30 días, la actividad en dicho tratamiento decae rápidamente, mientras que en el tratamiento donde se utilizó crotalaria, su evolución es uniforme y es a partir de los 75 días cuando la actividad ureásica se hace mayor que en el tratamiento donde se utilizó pasto

elefante, lo cual viene a confirmar la apreciación planteada, anteriormente, acerca de una menor velocidad de degradación del residuo de crotalaria. Los otros dos tratamientos presentaron comportamientos similares pero con valores de actividad ureásica más bajos que los anteriormente mencionados.

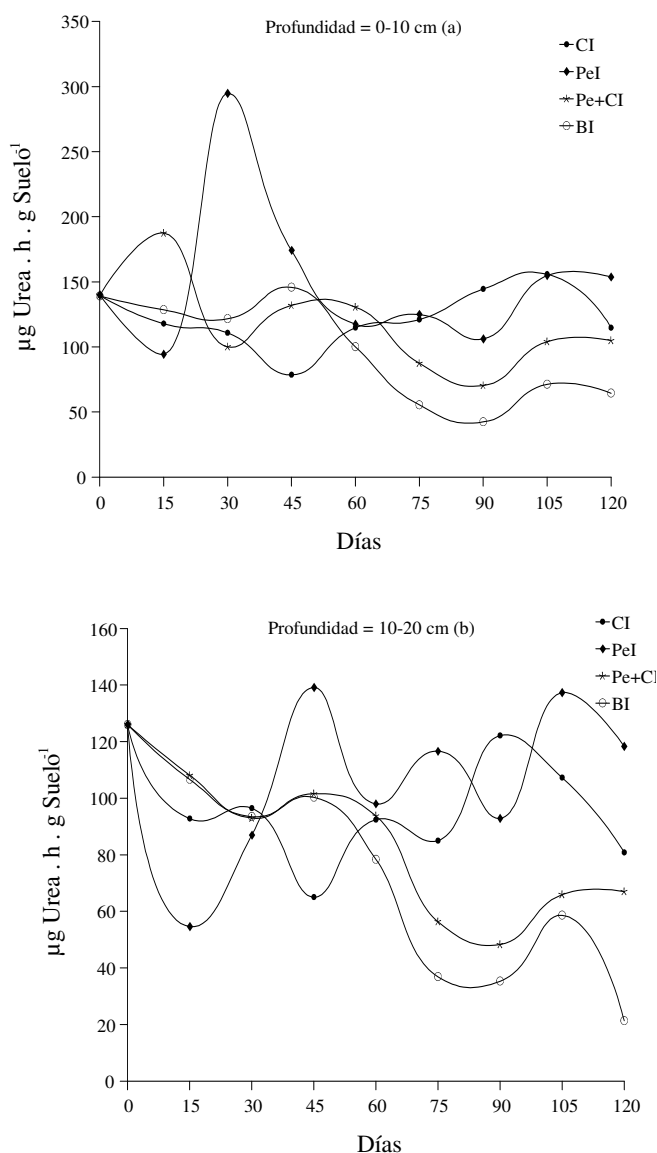


Figura 2. Variación de la actividad ureásica en el suelo bajo labranza convencional a 0-10 cm (a) y 10-20 cm (b) de profundidad.

En general, esto es coincidente con lo planteado por Zantua y Bremner (1975; 1976; 1977) acerca de que la materia orgánica es la responsable de las modificaciones de la actividad ureásica, por cuanto en este ensayo el residuo no provocó la modificación de dicho parámetro, 1,35% en el caso de la crotalaria y 1,40% en el caso del tapiramo. Esto resulta lógico ya que en este caso los RO fueron incorporados al suelo y en consecuencia se produjo un mayor contacto suelo-residuo, favoreciéndose la mayor degradación del residuo y en consecuencia

un menor incremento en los niveles del carbono orgánico. Los resultados estadísticos, revelan que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,1345$).

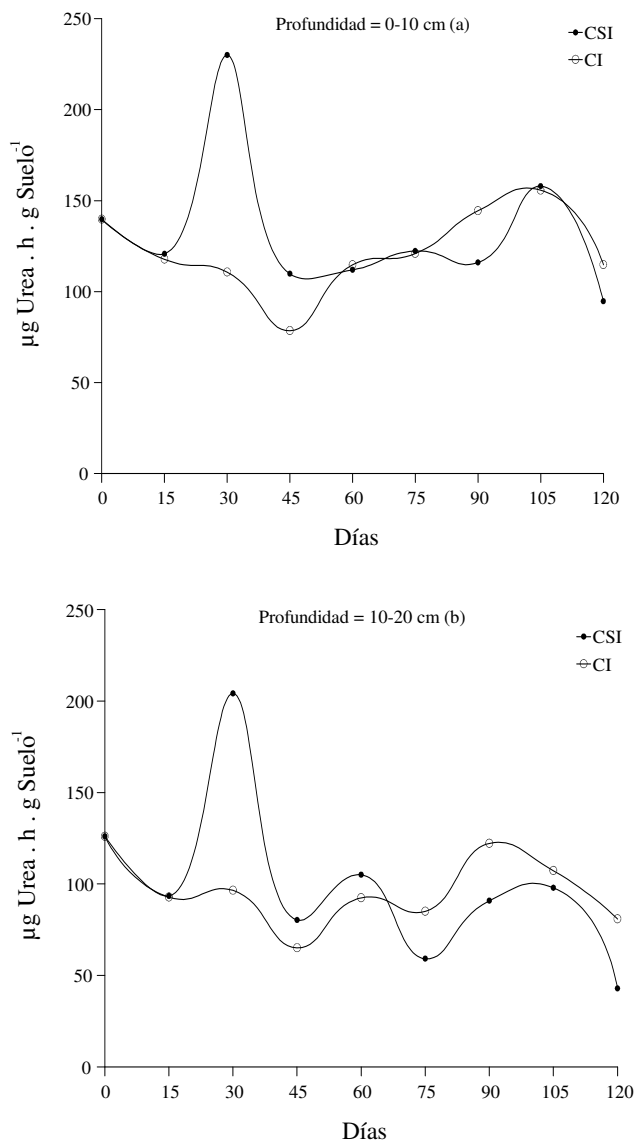


Figura 3. Efecto del uso de crotalaria sobre la actividad ureásica a 0-10 cm (a) y 10-20 cm (b) de profundidad, bajo labranza convencional y conservacionista.

En la capa subsuperficial, los valores de actividad ureásica encontrados fueron más bajos, no obstante el comportamiento de los distintos tratamientos fue similar al observado en la capa superficial.

La comparación de los dos tipos de labranzas, conservacionista y convencional (Figura 3) demostró y confirmó lo indicado por otros investigadores (Dick, 1984): la labranza conservacionista permite una mayor actividad de la enzima ureasa, a lo largo del ciclo del cultivo debido al contenido de materia orgánica de reserva que favorece el mantenimiento de los niveles de dicha enzima en el suelo.

CONCLUSIONES

El uso de distintos residuos y diferentes sistemas de labranza no logró inducir diferencias significativas en la actividad de la ureasa a ninguna de las profundidades evaluadas.

Las variaciones observadas en la actividad ureásica parecieran estar ligadas a los procesos de humedecimiento y secado del suelo durante el ciclo del cultivo.

La actividad de la ureasa disminuye al pasar de los estratos superiores del suelo hacia los inferiores, siendo este fenómeno más acentuado en el caso de la labranza convencional.

Los resultados indican la necesidad de evaluar la actividad ureásica del suelo en aquellos paquetes de manejo donde se incluya la incorporación de RO y de fertilizantes químicos a base de urea, por cuanto podría inducir por una parte pérdidas económicas considerables y por la otra problemas en el desarrollo del cultivo.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al CDCH de la UCV y al CONICIT por el soporte financiero de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2nd Ed. John Wiley & Sons. New York. 467 p.
- BREMNER, J. y R. MULVANEY. 1978. Urease activity in soils. In: "Soil Enzymes" (Burns R G, Editor) Academic Press, London. Cap. 5, pp. 150-196.
- BREMNER, J. 1996. Recent research on problems in the use of urea as nitrogen fertilizer. Fertilizer Research Vol.42(1-3):321-329.
- COMERMA, G. y F. OVALLES. 1984. Informe mimeografiado incluido en el material de la Cátedra de Conservación de Suelos y Aguas del Postgrado en Ciencia del Suelo de la Facultad de Agronomía. UCV-Maracay.
- DICK, W. 1984. Influence of long term tillage and crop rotation combinations on soils enzymes activities. Soil. Sci. Am. J. Vol. 48: 569-574.
- DIXON, W. 1990. BMDP. Statistical software manual. Vol. 1. Berkeley. Los Angeles. California. U.S.A. pp. 425-434.
- GONZÁLEZ, S., M. FUENTES y M. PÉREZ. 1981. Influencia del secado y pretratamientos térmicos del suelo sobre la actividad ureásica y otros parámetros biológicos relacionados. Ana. Edaf. Agrobiol Vol. 40(9-10):1377-1386.
- LEÓN, M. 1993. Efecto de sistemas de labranza conservacionista con uso de leguminosas en un Alfisol de la zona maicera de Yaracuy. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV, Maracay. 147 p.
- MARTENS, D., D. JOHANSON y D. FRANKENBERG Jr. 1992. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. Soil. Sci. Vol. 153(1): 53-61.
- NANNIPIERI, P., L. MUCCINI y C. CIARDI. 1983. Microbial biomass and enzyme activities production and persistence. Soil. Biol. Biochem. Vol. 15 (6):679-685.
- PRAVEEN, K. y R. AGGARWAL. 1989. A modification of Douglas and Bremner method for colorimetric estimation of urea. Commun. In Soil Sci. Plant. Anal. Vol. 20(19-20):2171-2176.
- RIVERO, C. 1993. Evaluación de la materia orgánica nativa e incorporada en tres suelos de importancia agrícola en Venezuela. Tesis de Doctorado, Facultad de Agronomía, UCV-Maracay. 250 p.
- RIVERO, C. y J. PAOLINI. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución de CO₂ de dos suelos venezolanos. Rev. Fac. Agron. (Maracay) Vol. 21:37-49.
- SAS INSTITUTE INC. STAT T. M. User's Guide. Release 6, 04 Edition. Cary NC: INSTITUTE INC. 1988. 1028p.
- TABATABAI, M., 1982. Soil Enzymes. In: Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties (A.L. Page, Editor). American Society of Agronomy Madison. pp. 903-947.
- ZANTUA, M. y J. BREMNER. 1975. Comparison of methods of assaying urease activity in soils. Soil. Biol. Biochem. Vol. 7:291-295.
- ZANTUA, M. y J. BREMNER. 1976. Production and persistence of urease activity in soils. Soil. Biol. Biochem. Vol. 8:369- 74.
- ZANTUA, M. y J. BREMNER . 1977. Stability of urease in soils. Soil. Biol Biochem. Vol .9:135-140.