

Rev. Fac. Agron. (Maracay) 21:37-49. 1995.

Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución de CO₂ de dos suelos venezolanos

Carmen Rivero T.¹ ; Jorge Paolini²

¹ Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 4579. Maracay, Venezuela.

² Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

Aceptado para publicación mayo, 1995.

ABSTRACT

Studies with the objective of evaluating organic residues (OR) incorporation on CO₂ soil evolution soil were performed in a greenhouse. A dosis of OR equivalente to 10 Mg.ha⁻¹, coming from the following plants: *Sorghum bicolor*, *Canavalia ensiformes*, *Crotalaria juncea* and *Phaseolus mungo*, alone and in a mixture 1:1 sorghum with each leguminous. The effect of the OR incorporation was determined by measurement of CO₂ during 125 days. Residues incorporation increases the CO₂ evolution giving a high statistical significance, differences for twenty days.

Key words: crop residues, soil, Venezuela.

COMPENDIO

Se realizaron estudios, en condiciones de invernadero, con la finalidad de evaluar el efecto de la incorporación de residuos orgánicos (RO). Se aplicó el residuo de: *Sorghum bicolor*, *Canavalia ensiformes*, *Crotalaria juncea* y *Phaseolus mungo*, solos o en mezcla 1:1 del sorgo con cada leguminosa en dosis equivalentes a 10 Mg.ha⁻¹. El efecto de la incorporación del RO fue evaluado determinando, mediante trampas de álcalis, la evolución de CO₂ durante un período de 125 días. El RO incorporado incrementó, de manera estadísticamente significativa, los niveles de evolución de CO₂ del suelo, efecto que se concentró en los primeros 20 días.

Palabras clave: residuos de cosecha, suelo, Venezuela.

INTRODUCCION

La incorporación de residuos orgánicos (RO) al suelo es una práctica milenaria dejada de lado con el surgimiento, hace unos 130 años de los fertilizantes sintéticos. Sin embargo, ha resurgido debido a las múltiples evidencias de sus efectos benéficos como: suplidora de nutrientes; modificadora de características químicas del suelo tales como la CIC y el contenido de CO; modificadora de propiedades físicas (capacidad de retención de agua y estabilidad estructural entre otras) y de la actividad biológica del suelo, esta última medible mediante la evolución de CO₂.

La evolución de CO₂ es sinónimo de la respiración del suelo (Wiant, 1967), y por ello la medición de su incremento al incorporar RO, como consecuencia del aumento de la actividad de los microorganismos, ha permitido a muchos investigadores inferir acerca de la velocidad con que dichos residuos son degradados. Parker *et al* (1983), pudieron estimar el retorno de materia orgánica en suelos desérticos, midiendo la respiración del suelo en función del contenido de humedad del mismo. Puig-Gimenez y Chase (1984) establecieron los factores que afectaban la velocidad de degradación de paja de trigo, mediante la evolución de CO₂ del suelo como índice del ataque microbiano a dichos sustratos. En este mismo orden de ideas, Heng y Goh (1984), utilizaron esta medida para evaluar el efecto de extractos foliares sobre la mineralización del nitrógeno del suelo, lo cual ha sido corroborado por investigadores como Mathes y Schriefer (1985), quienes indican que los cambios en la respiración del suelo describen la sucesión de la microflora del mismo.

Ahora bien, la incorporación de RO produce un efecto directo sobre la población de macro y microorganismos del suelo, al constituir una fuente inmediata de energía, la cual incorporan a su biomasa vía metabólica. Por otra parte, se han encontrado altas correlaciones entre los incrementos de las poblaciones de organismos del suelo y los aportes de MO, (Alexander, 1977; Parkinson *et al.*, 1980; Mc Kay y Kladvico, 1985; House y Stinner, 1987; Lal, 1988). El incremento de la población microbiana trae consigo un incremento en la evolución de CO₂, y éste puede ser usado como índice de la actividad biológica del suelo (MacFadyen, 1970; Anderson y Domsch, 1975).

En este marco de ideas se planteó el objetivo de esta experiencia: evaluar el efecto de la incorporación de RO de gramíneas y leguminosas sobre la evolución de CO₂ del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Las experiencias fueron conducidas, en condiciones de invernadero, en el Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la UCV. Se utilizaron dos suelos: Yaritagua y Turén, un alfisol y un inceptisol respectivamente, con signos de degradación física, sus principales características se resumen en el Cuadro 1. La CIC fue obtenida por el método del Acetato de Amonio; el CO por el método de Walkley y Black, Fósforo por Bray; Potasio por absorción atómica (Page *et al.*, 1982); nitrógeno se determinó por el método sugerido por el OIEA, 1990.

Cuadro 1. Principales características de los suelos utilizados (0-20 cm de profundidad)

Suelo	pH	CIC cMoles.kg-1	CO %	NT %	P mg.kg-1	K mg.kg-1	Textura
Yaritagua	6.40	6.4	0.37	0.15	6.30	51.19	Franco
Turen	6.90	10.3	1.57	0.40	7.60	105.90	Arcillo limoso

El experimento tuvo un arreglo factorial en bloques totalmente aleatorizados. Se aplicaron residuos provenientes de: *Sorghum bicolor*, *Canavalia ensiformes*, *Crotalaria juncea* y *Phaseolus mungo* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de los residuos utilizados

Residuo	C %	N %	C:N	P %	K %	Celulosa %	Lignina %
<i>Sorghum</i>	18.34	1.50	12:1	0.18	2.84	25.5	4.20
<i>Canavalia</i>	20.50	4.09	5:1	0.29	2.40	21.79	4.66

<i>Crotalaria</i>	29.32	3.33	9:1	0.34	2.01	25.14	7.48
<i>Phaseolus</i>	24.95	3.10	8:1	0.30	2.44	14.64	4.30

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

1 = Testigo

2 = 10 Mg ha⁻¹ de *Sorghum*

3 = 10 Mg ha⁻¹ de *Canavalia*

4 = 10 Mg ha⁻¹ de *Crotalaria*

5 = 10 Mg ha⁻¹ de *Phaseolus*

6 = 5 Mg ha⁻¹ de *Sorghum* + 5 Mg ha⁻¹ de *Canavalia*

7 = 5 Mg ha⁻¹ de *Sorghum* + 5 Mg ha⁻¹ de *Crotalaria*

8 = 5 Mg ha⁻¹ de *Sorghum* + 5 Mg ha⁻¹ de *Phaseolus*

Se incorporó material de 45 días y se llevó un registro de la evolución del CO₂, dicha medición fue realizada capturando el CO₂ desprendido mediante una trampa de álcali, conteniendo NaOH 0.1N y posterior titulación en presencia de dos indicadores. El procesamiento estadístico se verificó con el paquete SAS (1989), ejecutándose análisis multivariado y univariado de la varianza.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dado que la evolución de CO₂ del suelo, es ampliamente usada como una medida de la actividad biológica del mismo, Amato y Ladd (1980), Ladd *et al.* (1981), Sparling *et al.* (1981), su determinación permitió evaluar la diferencia provocada en dicha actividad por la incorporación de RO. Para ambos suelos la aplicación de RO provocó grandes incrementos en los volúmenes de respiración del suelo, significativamente distintos al testigo, concentrados básicamente en los trece primeros días posteriores a dicha incorporación. El Cuadro 3, muestra los niveles de probabilidad a los cuales se obtuvo la significación, mediante el análisis univariado, para el efecto de los diferentes tratamientos, hasta los dieciseis días posteriores a la incorporación; a partir de allí no se detectó, en forma sostenida, significación estadística en las diferentes respuestas ocasionadas por cada tratamiento, esto es coincidente con los resultados de Stott *et al.* (1986), quienes indican que las diferencias significativas, en la descomposición de residuos sólo eran detectables como máximo hasta los treinta días.

Cuadro 3. Análisis estadístico univariado para la evolución de CO₂

Tiempo (días)*	Suelo Yaritagua	Suelo Turen
5	0.0089	0.0149
6	0.0001	0.3918
9	0.0201	0.0473
13	0.3418	0.0286
16	0.0017	0.0680

* Tiempo transcurrido desde la incorporación del residuo.

En virtud de la similitud de tendencias detectada para las respuestas, se ha considerado conveniente, a los fines ilustrativos, incluir solamente las curvas correspondientes al suelo Yaritagua; esto comprende las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5. Es necesario destacar, sin embargo, que la similitud de comportamiento observado no excluye que los máximos niveles de respiración, para cada suelo, fueron provocados por diferentes tipos de residuos, aún cuando ese efecto estuvo ligado siempre al uso de las leguminosas y en ningún caso al del sorgo. El Cuadro 4, donde se ilustran los volúmenes de CO₂ evolucionados, permite

visualizar esta aseveración, por cuanto los valores allí incluidos indican el máximo nivel de respiración obtenido ($\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{h}$); el número entre paréntesis que acompaña a cada valor, señala el tiempo transcurrido desde la incorporación del residuo.

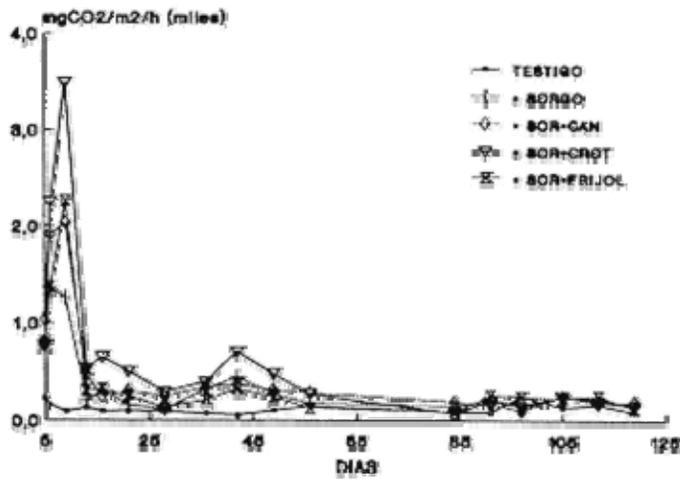


FIGURA 1. Efecto de la incorporación de sorgo, y sus mezclas sobre la evolución de CO_2 del suelo.

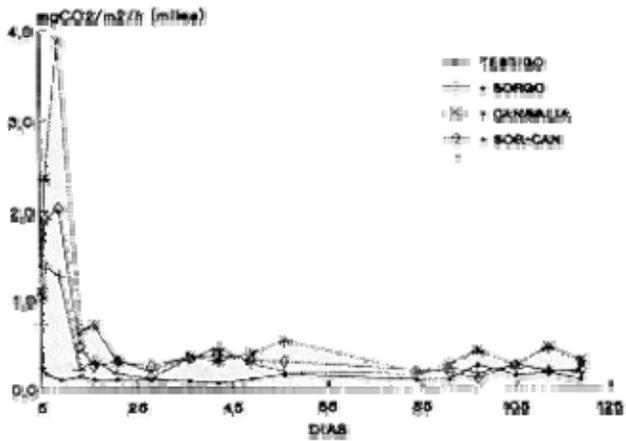


Figura 2. Efecto de la incorporación de sorgo, canavalia y su mezcla sobre la evolución de CO₂ del suelo

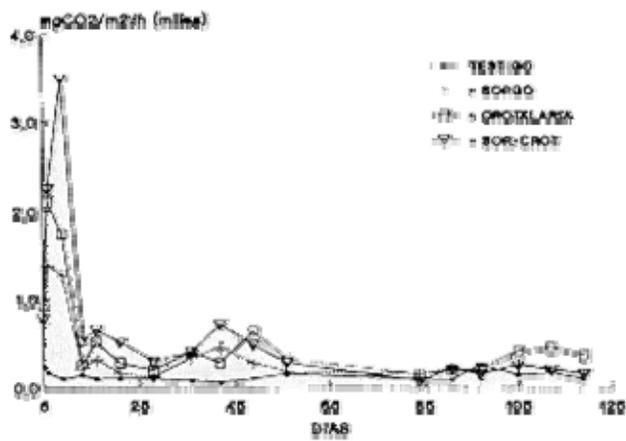


Figura 3. Efecto de la incorporación de sorgo, crotalaria y su mezcla sobre la evolución de CO₂ del suelo

FIGURA 2. Efecto de la incorporación de sorgo, canavalia y su mezcla sobre la evolución de CO₂ del suelo.

FIGURA 3. Efecto de la incorporación de sorgo, crotalaria y su mezcla sobre la evolución de CO₂ del suelo

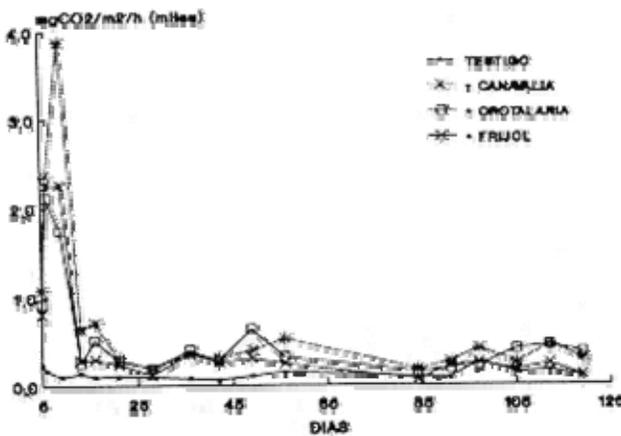
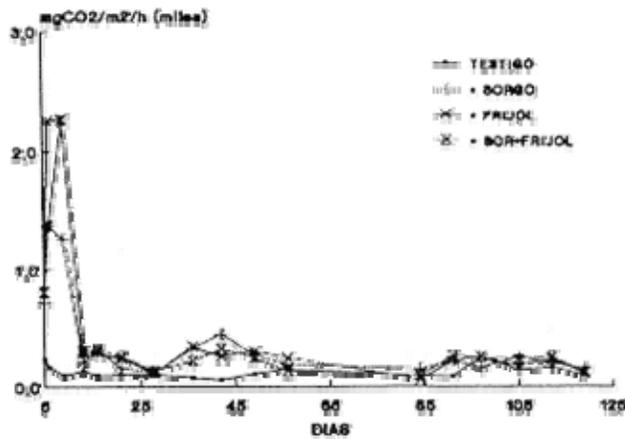


FIGURA 4. Efecto de la incorporación de sorgo frijol y su mezcla sobre la evolución de CO₂ del suelo

FIGURA 5. Efecto de la incorporación de canavalia, crotalaria y frijol sobre la evolución de CO₂ del suelo

Los resultados obtenidos concuerdan con lo citado en la literatura Barrow (1960), Lynch y Panting (1980), Cerri y Jenkinson (1981), Parker *et al.* (1983), Puig-Giménez y Chase (1984), Smith *et al.* (1985), Ceulemans *et al.* (1987), Collins *et al.* (1990), Davelouis *et al.* (1991), y los mismos se explican por el aporte de sustrato carbonado, así como el de nutrientes (básicamente N y P) que son usados para la constitución de protoplasma microbiano. Ahora bien, el hecho de que los análisis estadísticos muestren resultados tan similares en cuanto al comportamiento de las respuestas, condujo a la ejecución de un análisis multivariado de conjunto a fin de detectar si las curvas de evolución de CO₂, al considerar los factores suelo y tratamiento, eran paralelas o no y si había algún efecto de las interacciones. El Cuadro 5, muestra los resultados de dicho análisis.

Cuadro 4. Niveles máximos de evolución de CO₂ (mg/m²/h) obtenidos para los distintos tratamientos

Tratamiento	Suelo Yaritagua	Suelo Turen
Testigo	234(5)	326(6)
Residuo de sorgo	1400(9)	935(6)
Residuo de canavalia	3874(9)	1313(6)

Residuo de crotalaria	2110(6)	1616(9)
Residuo de frijol	2270(9)	1029(9)
Residuo de sorgo+canavalia	2034(9)	1900(6)
Residuo de sorgo+crotalaria	3497(9)	1131(6)
Residuo de sorgo+frijol	2261(9)	1466(6)

Cuadro 5. Análisis multivariado de conjunto para la evolución de CO₂

Estadístico	Tiempo	Tiempo x tratamiento	Tiempo x suelo	Tiempo x tratamiento x suelo
Lambda de Wilk	0.0001	0.0001	0.0001	0.0054
Traza de Hotelling-Lawley	0.0001	0.0001	0.0001	0.0026
Máxima raíz de Roy	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Estos resultados evidenciaron que, a pesar de la similitud del comportamiento y de la ausencia de diferencias significativas, a partir de aproximadamente los trece días luego de la incorporación, dentro de cada suelo, las curvas de respuesta en función de todos los factores implicados, no son paralelas, encontrándose diferencias altamente significativas para las distintas interacciones; es decir que, la conjunción suelo-tratamiento son importantes para definir lo que sucede en el tiempo. Esto está relacionado a las características intrínsecas del residuo aplicado (relación C:N, contenido de celulosa y contenido de lignina) y a su interacción con el suelo sobre el cual se están usando debido a propiedades de éste, tales como su contenido de materia orgánica inicial y la población microbiana nativa. En este sentido, Reyes (1993) determinando organismos celulolíticos, sobre las unidades de muestreo de este ensayo, no encontró diferencias entre el tipo de microorganismos presentes en cada caso, pero si entre su densidad poblacional. El mismo autor, detectó que las colonias más frecuentes no conservaron un patrón uniforme, al clasificarlas según su orden de aparición en pioneras, intermedias y tardías, observándose una interacción significativa entre tipo de colonia, tratamiento y suelo.

Otra forma de visualizar esta variable que ha sido considerada como muy ilustrativa, es la respiración edáfica acumulada, la cual muestra el total de CO₂ producido en cada tratamiento aplicado. Las Figuras 6 y 7 ilustran los resultados obtenidos para los dos suelos y los distintos tratamientos, observándose que en cada uno de ellos los máximos acumulados correspondieron al uso de distintos residuos. Los gráficos anteriores muestran que la incorporación de crotalaria, produjo una mayor tasa de respiración a lo largo de la experiencia para el suelo Turén, en tanto que en el suelo Yaritagua se logró el mismo efecto para el uso de canavalia. Sin embargo, en ambos casos fue una leguminosa la responsable de los mayores volúmenes generados de CO₂, lo cual debe ligarse a los más altos niveles de nutrimentos presentes en estos residuos, lo que provoca un incremento en el desarrollo de los microorganismos.

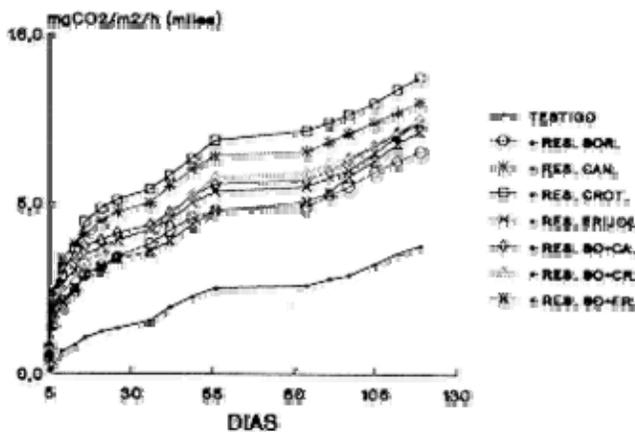
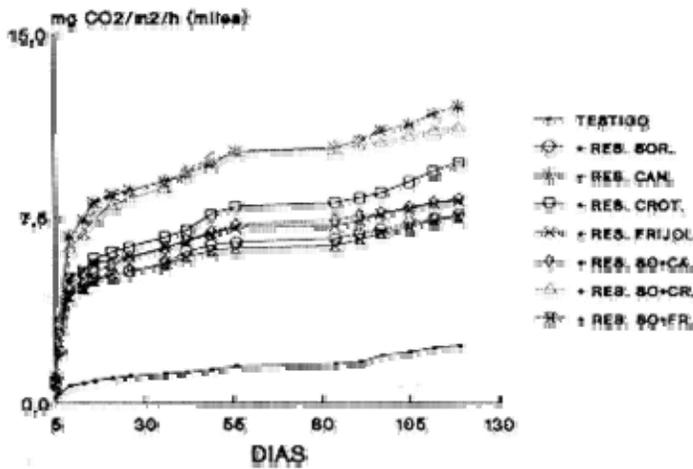


FIGURA 6. Efecto de la incorporación de residuos sobre la evolución de CO₂ acumulado (Suelo Yaritagua).

FIGURA 7. Efecto de la incorporación de residuos sobre la evolución de CO₂ acumulado (Suelo Turen).

Además, es importante considerar la influencia del contenido inicial de MO del suelo y en el caso del residuo sus contenidos de carbono orgánico y lignina, en el primer caso porque el contenido inicial de MO del suelo define la población nativa de microorganismos, en tanto que el contenido de carbono orgánico y lignina suministrarán el sustrato necesario para el incremento de dichas poblaciones.

CONCLUSIONES

En general, la incorporación de RO produce cambios importantes sobre la respiración del suelo, es decir que provoca variaciones en la dinámica de su población microbiana; éstos son altamente dependientes de la calidad de los materiales orgánicos usados, especialmente de su relación C:N, además de producirse en períodos muy cortos de tiempo. Es necesario indicar además la importancia, en estos procesos, las características del suelo tales como su contenido de MO.

Por otra parte, se produjo una interacción entre las características del suelo y las de los residuos, ya que los mayores niveles de evolución de CO₂ fueron provocados por distintos residuos en cada suelo. Esto podría indicar que las características iniciales del suelo determinan los efectos que pudieran derivarse de la práctica de incorporar RO, a fin de establecer un balance apropiado entre la mineralización y descomposición de estos materiales y la estabilización de la materia orgánica de suelo.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (Proyecto 01-33-2649-91) por el soporte financiero para esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alexander, M. 1977. *Soil Microbiology*. New York, John Wiley. 472 p.
2. Amato, M.; J. Ladd. 1980. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soil- V. formation and distribution of isotope-labeled biomass during decomposition of ¹⁴C and ¹⁵N labeled plant material. *Soil Biol. Biochem.* 12:405-411.
3. Anderson, J. O.; K. H. Domsch. 1975. Measurement of bacterial fungal contribution to respiration on selected agricultural and forest soil. *Can. J. Microbiol.* 21:314-322.
4. Barrow, N. J. 1960. Stimulated decomposition of soil organic matter during the decomposition of added organic materials. *Aus. J. Agric. Res.* 2:331-338.
5. Cerri C. C. ; D. S. Jenkinson. 1981. Formation of microbial biomass during the decomposition of ¹⁴C labelled ryegrass in soil. *J. Soil Sci.* 32:619-626.
6. Ceuleman, S. I.; I. Impens; R. Gabriels. 1987. CO₂ evolution from different types of soil cover in the tropics. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 64:59-68.
7. Collins, H.; L. Elliot; R. Papendick. 1990. Wheat straw decomposition and changes decomposability during field exposure. *Soil Sci. Soc. Am J.* 54:1013-1016.
8. Davelouis, J.; P. Sánchez, Y. Hseih; L. Nelson. 1991. Decomposition rates of green manure in an acid ultisol. *Trop. Soil. Technical Report 1988-1989*. pp. 284-285.
9. House, G.; R. Stinner. 1987. Decomposition of plant residues in no-tillage agroecosystems: influence of litter bag mesh size and soil arthropods. *Pedobiología* 30:351-360.
10. Heng, S.; K.M. Goh. 1984. Organic matter in forest soil and the mineralization of soil carbon and nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* 16:201-202.
11. Ladd, J. N.; J. M. Oades; M. Amato. 1981. Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soil sown to wheat in the field. *Soil Biol. Biochem.* 13:119-126.
12. Lal, R. 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24:101-116.
13. Linch J.; L. Panting. 1980. Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 12: 29-33.
14. MacFadyen, A. 1970. Simple methods for measuring and maintaining the proportion of carbon dioxide in air for use in ecological studies of soil respiration. *Soil Biology & Biochemistry* 2:9-18.
15. MacKay, D. A.; E. J. Kladvik. 1985. Earthworms and rate of breakdown of soybeans and maize residues in soil. *Soil Biol. Biochem.* 17:851-857.
16. Mathes, K.; Th. Schriefer. 1985. Soil respiration during secondary succession: influence of temperature and moisture. *Soil Biol. Biochem.* 17:205-211.
17. OIEA. 1990. Use of Nuclear Techniques in studies of Soil-Plant Relationships. Training Courses Series N2 IAEA. Viena.
18. Page, A. L.; R. H. Miller; D. R. Keeney. 1982. *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. 1159 p.
19. Parker, L. W.; J. Miller; Y. Steinberger; W. Whitford. 1983. Soil respiration in a Chihuahuan desert rangeland. *Soil Biol. Biochem.* 15:303-309.
20. Parkinson, D., K. Domsch; J. Anderson; H. Heller. 1980. Studies on the relationship of microbial biomass to primary production in three spruce forest soil. *Z. Bakteriol.* 1:101-107.
21. Puig-Gimenez, M. H.; E. F. Chase. 1994. Laboratory studies of factors affecting microbial degradation of wheat straw residues in soil. *Can. J. Soil Sci.* 64:9-19.
22. Reyes, V. 1993. Efecto de la materia orgánica incorporada sobre la población celulolítica en dos

- suelos de interés agrícola en el país. Tesis de Grado Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 90 p.
23. SAS Institute Inc. 1989 SAS/STATTM User's Guide Release 6.07 Edition. Cary. NC: SAS Institute Inc. 846 p.
 24. Sparling, G.; B. Ord; D. Vaughan. 1981. Changes in microbial biomass and activity in soil amended with phenolic acids. *Soil Biol. Biochem.* 13:455-460.
 25. Stot, T. D.; L. Elliott; R. Papendick; G. Campbell. 1986. Low temperature or low water potential effects on the microbial decomposition of wheat residue. *Soil Biol Biochem.* 18:577-582.
 26. Smith, J.; B. McNeal; H. Cheng. 1985. Estimation of soil microbial biomass: An analysis of the respiratory response of soil. *Soil Biol. Biochem.* 17:11-16.
 27. Wiant, H. 1967. Has the contribution of litter decay to forest "soil respiration" been overestimated? *J. Forestry.* 65:408-409.