

**EFEECTO DE LOS SISTEMAS DE LABRANZA CONSERVACIONISTA SOBRE LA DINÁMICA DE POBLACIONES MICROBIANAS DE UN SUELO DEGRADADO DEL ESTADO YARACUY**  
*Effect of conservationistic tillage systems on microbial populations dynamic in a degraded soil of Yaracuy State*

Aciego, J., D. Borges y J. Rojas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay, Estado Aragua, Venezuela.

**Resumen**

Se realizó un estudio en la zona maicera del Estado Yaracuy con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro sistemas de labranza conservacionista sobre la dinámica poblacional de microorganismos heterótrofos (bacterias en general, hongos, celulolíticos, *Bradyrhizobium* spp.) y quimiolitótrofos (nitritadores y nitrificadores), y sobre variables físicas y químicas de muestras de suelo superficial (1-10 cm) en un Alfisol altamente degradado representativo de la zona, antes y durante el ciclo del cultivo del maíz. Los tratamientos evaluados fueron: 1) cobertura de barbecho (CB); 2) barbecho incorporado (BI); 3) cobertura de crotalaria (CCr), *Crotalaria juncea* L., y 4) crotalaria incorporada (CrI), siendo la crotalaria cultivada in situ. Los resultados obtenidos indican que la incorporación de los residuos vegetales tuvo en general mayor efecto sobre las poblaciones microbianas y sobre las variables físicas y químicas en la superficie del suelo, que la aplicación de los mismos en cobertura, lo cual pudo deberse al mayor contacto entre la materia orgánica vegetal y los microorganismos; el efecto fue significativo sobre las poblaciones de hongos y de celulolíticos. Los residuos de crotalaria mostraron mayor efecto sobre las poblaciones de quimiolitótrofos y de *Bradyrhizobium* spp.

**Palabras Claves:** Microorganismos, heterótrofos, quimiolitótrofos, labranza, *crotalaria juncea*.

**Abstract**

An study was carried out in the corn zone of Yaracuy State (Venezuela) aimed to evaluate the effect of four conservation tillage systems on the population dynamic of heterotrophic (bacteria, fungi, cellulolytic, *Bradyrhizobium* spp.) and chemiolitotrophic microorganisms (nitrite and nitrate oxidizers), and over physic and chemical variables in surface soil (1-10 cm) of degraded Alfisol, before and during the crop cycle. The treatments evaluated were: 1) fallow cover (CB), 2) incorporated fallow (BI), 3) crotalaria cover (CCr), *Crotalaria juncea* L., and 4) incorporated crotalaria (CrI). Crotalaria was grown in the same place of study. The incorporation of vegetal residues had greater effect over microbial populations, physic and chemical variables in soil surface than application of vegetal residues in cover. This might be due to the greatest contact between organic matter and microorganisms; the effect was significant over fungi and cellulolytic populations. Crotalaria residues showed the greatest effect over the chemiolitotrophics and the *Bradyrhizobium* spp. populations.

**Key Words:** Microorganisms, heterotrophics, chemiolitotrophics, tillage, *crotalaria juncea*.

**INTRODUCCIÓN**

Los microorganismos del suelo son los principales agentes de descomposición de la materia orgánica (MO) y formación del humus, y sus diversas funciones permiten que los ciclos de los elementos en los ecosistemas terrestres se cumplan. Los microorganismos heterótrofos, representados principalmente por bacterias, hongos y actinomicetos, son los encargados de realizar la descomposición de la MO incorporada al suelo como residuos de cultivos, y por consiguiente, en la degradación de sus componentes más importantes como la celulosa, la lignina y la hemicelulosa; participan, en el ciclo del N, efectuando el proceso de amonificación, que es la transformación del N orgánico a N inorgánico ( $N-NH_4^+$ ). Los microorganismos quimiolitótrofos usan el  $CO_2$  como fuente de C para incorporarlo a su protoplasma celular, y obtienen energía de la oxidación de compuestos inorgánicos; un ejemplo es el proceso de oxidación del  $N-NH_4^+$  a  $N-NO_2^-$  y  $N-NO_3^-$ , conocido como nitrificación, realizado por bacterias principalmente de los géneros *Nitrobacter* y *Nitrosomonas*. Existe otro grupo de microorganismos heterótrofos que fijan N atmosférico cuando viven en simbiosis con plantas, entre ellos están las bacterias del género *Bradyrhizobium*, que producen nódulos radicales en leguminosas principalmente tropicales, contribuyendo con la incor-

poración de N a los suelos de uso agrícola (Alexander, 1980).

De lo expresado anteriormente, es lógico esperar que el uso de residuos de cultivos, y entre ellos leguminosas, como abono verde y cobertura en sistemas de labranza conservacionista, producirá efectos positivos sobre el número de microorganismos y su actividad, principalmente en la superficie del suelo y después de varios años de cultivo. Tales resultados han sido confirmados en contajes de bacterias totales, hongos, actinomicetos, *Rhizobium* spp., nitrificadores y desnitrificadores (Doran, 1980a, 1980b; Coventry y Hirth, 1992; Kirchner *et al.*, 1993) y han estado asociados con niveles de humedad, C y N orgánico,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , pH, y en general con más altos contenidos de nutrimentos en el suelo.

En Venezuela se viene evaluando el uso de residuos de cultivo, incorporados o en cobertura, en sistemas de labranza conservacionista y su efecto sobre propiedades físicas y químicas del suelo, en zonas de importancia agrícola que presentan problemas de degradación física y de pérdida de su fertilidad natural, como consecuencia del uso intensivo de monocultivos mecanizados; una de esas zonas es la correspondiente al Valle Medio del Río Yaracuy, de importancia en la producción del maíz (León, 1993; Rivero, 1993). Entre los residuos de cultivo

evaluados, la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) es una leguminosa, originaria de Asia tropical, que ha dado buenos resultados en cultivos anuales como el maíz, porque su crecimiento es rápido y denso, su descomposición es rápida, y puede aportar hasta 110 Kg de N.ha<sup>-1</sup>, puede controlar malezas, y se adapta a zonas bajas y calientes con poca humedad. Recientemente se ha comenzado a estudiar el efecto que tienen los sistemas de labranza conservacionista sobre las propiedades bioquímicas (Contreras, 1993) y biológicas en esos suelos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de cuatro sistemas de labranza conservacionista (dos de ellos con el uso de la crotalaria como abono verde y cobertura) sobre la dinámica poblacional de algunos microorganismos heterótrofos (bacterias totales, hongos, celulolíticos y *Bradyrhizobium* spp.), y quimiolitótrofos (nitrificadores y nitrificadores) presentes en la superficie de un suelo del Valle Medio del Río Yaracuy y relacionarlo con cambios en las propiedades físicas y químicas como: contenido de humedad, pH, contenidos de CO<sub>2</sub>, N-total, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CIC, P y K disponibles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Ubicación*

El ensayo de campo fue establecido en la Estación Experimental Yaracuy del FONAIAP (Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias), localizada en el Municipio Peña, Distrito Yaritagua del Estado Yaracuy, a 10°05' de latitud Norte y 69°07' de longitud Oeste y una altura de 320 m.s.n.m.

### *Tratamientos*

Cada tratamiento se estableció en parcelas de 25 x 5 m. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Cobertura de barbecho natural (CB): 3,5 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de maíz del año anterior más 0,649 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de malezas, con una relación C/N promedio de 31; 2) Barbecho natural incorporado (BI): 3,5 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de maíz más 0,755 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de malezas, con una relación C/N promedio de 36; 3) Cobertura de crotalaria (CCr): 3,5 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de maíz más 1,474 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de crotalaria, con una relación C/N promedio de 23; y 4) Crotalaria incorporada (CrI): 3,5 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de maíz más 1,67 Mg.ha<sup>-1</sup> de residuos de crotalaria, con una relación C/N promedio de 21. La relación C/N promedio se calculó a partir del análisis químico vegetal determinado por León (1993). En las parcelas con crotalaria no hubo crecimiento de malezas.

El 28 de junio (ocho días antes de la siembra del maíz) la crotalaria, así como las malezas que se habían desarrollado en las demás parcelas, se cortaron con machete dejándose como cobertura, o incorporándose según el tratamiento correspondiente. La incorporación se realizó con un pase de rotocultor manual, simulándose un sólo pase de rastra, es decir, que se trató más bien de una semi-incorporación. La edad de la crotalaria al momento de su corte era de 45 días.

El 06 de julio se efectuó la siembra del maíz, en contorno y en forma manual, mediante el empleo de una coa. La distancia de siembra fue de 96 cm entre hileras y 15 cm entre plantas, para una población total de 45.360 plantas.ha<sup>-1</sup>. La semilla usada fue la del híbrido PB8, que es la que comúnmente siembran los agricultores de la zona. Todos los tratamientos se fertilizaron a los siete días de la siembra, con 300 kg.ha<sup>-1</sup> de la fórmula 12-12-17/2. A los 28 días se efectuó una aplicación de urea en banda, no incorporada, en dosis de 50 Kg N.ha<sup>-1</sup>.

### *Muestreo del suelo*

El suelo muestreado corresponde a un Alfisol perteneciente a la serie Uribeque, con aproximadamente 4% de pendiente. Durante el ensayo de campo se hicieron en el tiempo siete muestreos de suelo. El primero se hizo el 30 de abril (3 días antes de la siembra de la crotalaria); el segundo, el 25 de junio (3 días antes del corte de la crotalaria y del barbecho natural); el tercero, el 02 de julio (4 días después del corte); el cuarto el 16 de julio (10 días después de la siembra del maíz); los muestreos restantes se hicieron el 13 de agosto, el 21 de septiembre (maíz en formación de granos) y el 02 de diciembre (granos maduros en plantas de 146 días de edad).

El muestreo del suelo consistió en remover con un pa-lín el primer centímetro superficial (por ser la porción más afectada por los factores ambientales) y muestrear hasta una profundidad de 10 cm, con un barreno de 5.5 cm de diámetro. Se tomó por cada tratamiento dos muestras compuestas, cada una de las cuales se obtuvo a partir de la mezcla de 15 submuestras de suelo. Todas las submuestras se tomaron al azar en la zona comprendida entre las hileras de siembra de la crotalaria o del maíz. Todas las muestras compuestas se dividieron en dos porciones y se empacaron en bolsas plásticas dobles. Una porción se utilizó en el análisis microbiológico, y la otra en la determinación de la humedad gravimétrica y el análisis químico. Las muestras se mantuvieron a 4 °C hasta su análisis microbiológico en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Las muestras destinadas a la determinación del análisis químico se llevaron al Laboratorio General de Suelos del Instituto de Edafología de la misma Facultad.

Las muestras de suelo para análisis microbiológico se distribuyeron sobre papel colocado en los mesones del laboratorio, dejándose secar durante 12 horas, se trituraron en mortero previamente desinfectado con alcohol, pasándose luego por tamiz de 1 mm.

### *Contaje de microorganismos*

Las poblaciones de bacterias y hongos se cuantificaron por el método de la placa, y las de celulolíticos, nitrificadores, nitrificadores y *Bradyrhizobium* spp., por el método del número más probable (NMP). En ambos métodos de contaje se prepararon diluciones seriadas decimales del suelo tamizado, siguiendo el procedimiento descrito por Wollum (1982). En la

preparación de las diluciones seriadas se usó como diluyente una solución buffer fosfato 1 mM con pH 7.2 (Schmidt y Belser, 1982). Los medios de cultivo usados fueron: agar-extracto de suelo para bacterias, y agar-rosa de bengala para hongos (Wollum, 1982); solución mineral de Winogradsky modificada por Szegi (1988) con tira de papel filtro, para celulolíticos; solución mineral para oxidadores de  $N-NH_4^+$  y de  $N-NO_3^-$  (Schmidt y Belser, 1982). Para el conteo de *Bradyrhizobium* spp. se utilizó la técnica de infección en plantas de frijol (*Vigna unguiculata* Walp) con arena de río lavada como soporte (Vincent, 1970), y solución nutritiva de Norris (1968) sin N, para plantas.

### *Humedad gravimétrica y variables químicas*

El contenido de humedad de las muestras de suelo se determinó gravimétricamente (Pla, 1983). En la determinación de las variables químicas se utilizaron las siguientes metodologías: la extracción del  $N-NH_4^+$  y  $N-NO_3^-$  se realizó con solución KCL 2M; para la detección del  $N-NH_4^+$  se siguió el método de Kempers y Zeers (1986), y para la detección del  $N-NO_3^-$  se utilizaron los reactivos sulfanilamida y N-(1-naftil) etilendiamina ácida y una columna reductora de cadmio acoplado al aparato de flujo continuo. CO, por el método de Walkley-Black. N total, por el método Kjeldhal modificado, P, por el método colorimétrico con solución extractora de Carolina del Norte y el reactivo vanadato-molibdato, K por extracción con solución de Carolina del Norte y determinación mediante espectrofotómetro de absorción atómica, CIC, por el método del  $BaCl_2$  en trietanolamina a pH 8,2 y el pH en agua, relación 1:1 (U.C.V., 1993).

Se usó un diseño experimental completamente aleatorizado. Debido al tamaño relativamente grande de las parcelas, no se hizo repetición de los tratamientos. El procesamiento de los datos se realizó usando el paquete SAS (1989). El efecto de los tratamientos sobre las variables consideradas, se evaluó mediante el análisis de la varianza. Todas las variables fueron sometidas previamente a la prueba de normalidad de Will-Shapiro, y las que no mostraron una distribución normal se transformaron a raíz cuadrada o logaritmo. En la comparación de medias de tratamientos se usó la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Bacterias*

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,1$ ) con respecto a la población de bacterias en la quinta y sexta fechas de muestreos (Cuadro 1). En el quinto muestreo, el cual se realizó 46 días después de la aplicación de los tratamientos, los tratamientos con barbecho tuvieron mayor efecto sobre la población de bacterias que los de crotalaria. La población de bacterias alcanzó su valor más alto en el tratamiento BI, y su valor más bajo en el CCr. Estos

resultados probablemente se produjeron por diferencias en la velocidad de descomposición de los residuos, y por efecto de la fertilización nitrogenada. En este muestreo, el contenido de CO, ligeramente más alto en los tratamientos con barbecho (Cuadro 2), sugiere que parte de los residuos del maíz de la cosecha anterior no habían sido totalmente descompuestos, pudiendo servir de sustrato a las bacterias heterótrofas. Diversos investigadores han obtenido diferencias entre las tasas de descomposición de las plantas leguminosas y las no leguminosas, la cuál atribuyen a la composición del residuo, es decir, a la relación C/N, y a los contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa. Broder y Wagner (1988) encontraron una tasa de descomposición más rápida para el residuo de soya que para el de maíz, y después de 32 días en el suelo, el maíz retuvo 58% de su materia orgánica original, mientras que la soya retuvo el 32%. Aulakh *et al.* (1991) encontraron que la relación C/N del residuo (trigo, C/N= 82; maíz, 39; soya, 43; arveja, 8) estuvo inversamente relacionado con la tasa inicial de descomposición.

La más alta población de bacterias en los tratamientos con barbecho, cuyos residuos vegetales tenían una relación C/N mayor que la de los tratamientos con crotalaria, pudo ser estimulada por la presencia de nitrógeno inorgánico proveniente de la mineralización de la urea aplicada en el reabonamiento. Martyniuk y Wagner (1978), y Kirchner *et al.* (1993) señalan que la fertilización, como práctica agrícola, incrementa la población de microorganismos, y entre ellos la de bacterias.

En la sexta fecha de muestreo, la población de bacterias alcanza su valor más alto en los tratamientos CrI y BI, es decir, en los que hubo incorporación de residuos. Este muestreo se realizó 85 días después de la aplicación de los tratamientos. Como puede observarse en el cuadro 3, son precisamente los tratamientos CrI y BI los que presentan para ese momento los más altos contenidos de fósforo y potasio. Kirchner *et al.* (1993) también encontraron más altos contajes de bacterias en las parcelas con incorporación de trébol y barbecho, en comparación con el tratamiento de cobertura de barbecho, después de haber transcurrido aproximadamente 90 días desde la aplicación de los tratamientos, teniendo al maíz como cultivo principal. Es posible que el mayor efecto de los tratamientos de incorporación sobre la población de bacterias, después de haber transcurrido ese tiempo, se deba a la mayor disponibilidad de fósforo y potasio, liberados del residuo que había sido descompuesto.

En el cuadro 1 se muestra la dinámica de la población promedio de bacterias a través del tiempo. La población de bacterias alcanzó su valor más alto en el segundo muestreo, siendo estadísticamente diferente a la de los demás muestreos. Los contenidos de humedad del suelo y del CO (Cuadro 2) también alcanzaron su mayor valor en el segundo muestreo. El incremento de humedad en el suelo, debido al inicio de la estación lluviosa en la zona, favoreció el desarrollo de las malezas, las cuales, junto al residuo de la cosecha de maíz del año anterior, aportaron sustrato carbonado indispensable para el creci-

**Cuadro 1.** Cuantificación de las poblaciones de bacterias, hongos y microorganismos celulolíticos presentes en muestras de suelo (1-10 cm) bajo distintos sistemas de labranza conservacionista. Los valores representan la media de 3 repeticiones.

Tratamiento	Muestreos							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Bacterias (ufc.10.000g suelo seco<sup>-1</sup>)</b>								
CB	141 a <sup>1</sup>	1738 a	96,3 a	90,0 a	109 ab	57,0 b	239 a	323,6 A
BI	164,7 a	2323 a	130,7 a	96,5 a	126 a	81,0a,b	233 a	412,8 A
CCr	143,3 a	2947 a	128,3 a	89,0 a	97,5 b	60,5 b	243 a	480,5 A
CrI	185 a	1491 a	145,3 a	85,5 a	101 b	87,0 a	282,5 a	317,8 A
Promedio	158 B <sup>2</sup>	2124,4 A	125,2 B	90,2 B	108,4 B	71,4 B	249 B	
<b>Hongos (ufc.10.000g suelo seco<sup>-1</sup>)</b>								
CB	1,2 a	0,7 a	0,7 b	1,5 a	1,0 a	0,5 b	1,0 a	0,9 B
BI	1,9 a	2,1 a	1,8 a	1,6 a	1,6 a	1,7 a	2,2 a	1,8 A
CCr	1,6 a	0,5 a	0,7 b	1,2 a	0,9 a	0,6 b	1,8 a	1,1 B
CrI	1,6 a	1,1 a	0,6 b	1,1 a	0,9 a	0,7 b	1,9 a	1,1 B
Promedio	1,6 B	1,1 ABC	1,0 C	1,4 ABC	1,1 BC	0,8 C	1,7 A	
<b>Celulolítico (ufc.10.000g suelo seco<sup>-1</sup>)</b>								
CB	18,4 a	15,5 b	17,0 a	94,6 a	50,5 a	10,8 b	50,2 b	34,3 B
BI	22,4 a	56,6 b	74,2 a	85,6 a	51,5 a	53,2 a	17,4 b	51,1 AB
CCr	18,4 a	21,7 b	11,5 a	259,9 a	171,8 a	25 ab	34,5 b	69,7 AB
CrI	22,3 a	153,1a	70,4 a	430,7 a	96,8 a	10,9 b	230,3 a	132,6 A
Promedio	20,4 B	61,7 B	43,3 B	217,7 A	92,6 B	25 B	83 B	

<sup>1</sup>Números en columnas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan. <sup>2</sup>Números en filas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

CB: Cobertura de barbecho; BI: Barbecho incorporado; CCr: Cobertura de crotalaria; CrI: Crotalaria incorporada.

miento microbiano. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Martyniuk y Wagner (1978), y Kirchner *et al* (1993), quienes indican que los picos alcanzados por la población bacteriana, coincidieron con el incremento en la humedad del suelo, por el aporte de las lluvias y con el suministro de carbono orgánico de los tejidos radicales en descomposición, coincidiendo la caída en los picos con el descenso de la humedad del suelo.

El descenso de la población bacteriana a partir del segundo muestreo, coincidió con una disminución de los contenidos de carbono orgánico y de humedad del suelo, y con una ligera disminución del pH (Cuadro 2).

En el cuadro 1, se muestra que no hubo diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, lo que indica que ninguno de ellos tuvo un efecto importante sobre la población de bacterias durante el tiempo que duró el ensayo.

#### *Hongos*

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,1$ ) con respecto a la población de hongos, en la tercera y sexta fechas de muestreo (Cuadro 1).

En el tercer muestreo, el cual se realizó 4 días después de la aplicación de los tratamientos, las poblaciones de hongos

alcanzaron su número más alto en el tratamiento BI, y el más bajo en el CrI. Estos resultados posiblemente se deben a las diferencias en los contenidos de CO entre los tratamientos (Cuadro 2), estableciéndose una relación directamente proporcional: a mayor contenido de CO, mayor número de ufc (unidades formadoras de colonias) de hongos.

En el sexto muestreo, al igual que en el caso de las bacterias, la población de hongos exhibió diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En este muestreo el tratamiento BI también presentó el más alto conteo de hongos, mientras que el más bajo conteo le correspondió al tratamiento CB. Asimismo, el más alto contenido de CO ocurrió en BI (Cuadro 2) pero no hubo una relación directa entre la población de hongos y el contenido de CO en los demás tratamientos. Probablemente, la población de hongos fue estimulada a descomponer la más alta cantidad de CO presente en el tratamiento de BI, por los más altos contenidos de N total (Cuadro 2) y de  $N-NO_3^-$  (Cuadro 3) presentes en el quinto muestreo, ocurriendo consecuentemente una inmovilización del N, por la población de hongos, que se evidencia por la disminución en los contenidos de N en el sexto muestreo.

En el cuadro 1 se muestra la dinámica de la población promedio de hongos en las siete fechas de muestreo, con los valores más altos en el séptimo muestreo. En este muestreo se

**Cuadro 2.** Contenidos de humedad, CO, N total, y valores de pH en muestras de suelo (1-10 cm) bajo distintos sistemas de labranza conservacionista. Los valores representan la media de 3 repeticiones.

Tratamiento	Muestreros							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>% H</b>								
CB	6,2 a <sup>1</sup>	13,7 a	13,8 a	14,8 a	11,5 a	10,7 a	4,3 a	10,6 A
BI	6,4 a	14,1 a	13,9 a	11,2 a	10,7 a	9,8 a	4,8 a	10,1 AB
CCr	5,9 a	13,2 a	13,5 a	11,7 a	10,0 a	9,2 a	4,3 a	9,7 B
CrI	6,9 a	15,1 a	13,1 a	12,8 a	10,7 a	10,2 a	5,1 a	10,5 AB
Promedio	6,4 D <sup>2</sup>	14,0 A	13,7 AB	12,6 B	10,7 C	9,9 C	4,6 E	
<b>% CO</b>								
CB	0,59 a	1,55 a	1,24 a	0,64 a	0,57 a	0,89 a	0,95 a	0,92 AB
BI	0,71 a	1,46 a	1,55 a	0,90 a	0,66 a	0,92 a	0,78 a	1,01 A
CCr	0,66 a	1,49 a	1,32 a	0,67 a	0,49 a	0,69 a	0,86 a	0,89 AB
CrI	0,69 a	1,48 a	0,85 b	0,70 a	0,61 a	0,74 a	0,67 a	0,81 B
Promedio	0,67CD	1,49 A	1,24 B	0,73 CD	0,58 D	0,81 C	0,81 C	
<b>% N total</b>								
CB	0,078 a	0,125 a	0,104 a	0,112 ab	0,118 b	0,120 a	0,176 a	0,115 A
BI	0,070 a	0,126 a	0,103 a	0,121 a	0,174 a	0,155 a	0,159 a	0,124 A
CCr	0,069 a	0,118 a	0,094 a	0,113 ab	0,156 ab	0,179 a	0,193 a	0,125 A
CrI	0,077 a	0,117 a	0,107 a	0,106 b	0,127 ab	0,162 a	0,207 a	0,124 A
Promedio	0,074 E	0,121CD	0,102 D	0,113 D	0,144BC	0,154 B	0,183 A	
<b>pH (1:1,agua)</b>								
CB	5,90 a	5,70 a	6,23 a	5,85 a	5,97 a	4,94 a	5,68 a	5,79 BC
BI	6,27 a	5,98 a	6,08 ab	6,03 a	5,69 a	5,36 a	5,49 a	5,88 AB
CCr	5,93 a	5,78 a	5,85 b	5,70 a	5,43 a	5,48 a	5,57 a	5,70 C
CrI	6,20 a	6,10 a	6,02 ab	5,93 a	5,82 a	5,71 a	5,73 a	5,95 A
Promedio	6,08 A	5,89 B	6,05 A	5,88 B	5,73 C	5,37 D	5,62 C	

<sup>1</sup>Números en columnas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan. <sup>2</sup>Números en filas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

% H: Humedad gravimétrica en peso; % CO: Carbono orgánico; % N total: Nitrógeno total.

detectaron valores significativamente mayores de N total (Cuadro 2), N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K (Cuadro 3) que en los otros muestreos, así como contenidos relativamente altos de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y P (Cuadro 3).

Comparando los promedios de población de bacterias y hongos se nota que los contajes más altos no coincidieron en el tiempo, sin embargo, en ambos grupos microbianos ocurrieron aumentos de la población en el segundo y séptimo muestreos. Esto puede indicar dos situaciones diferentes: 1) competencia por nutrientes, y 2) utilización de los compuestos orgánicos según su degradabilidad y según la capacidad bioquímica de estos grupos microbianos.

En el cuadro 1 se muestra el efecto de los tratamientos sobre la población de hongos, observándose diferencias significativas (P<0,1) entre el tratamiento BI y los demás. Este fue el que tuvo el efecto más importante sobre la población de hongos durante todo el tiempo que duró el ensayo. Estos resultados son opuestos a los obtenidos por Collins *et al.* (1992) y

Kirchner *et al.* (1993), quienes encontraron los más altos contajes de hongos en los sistemas de producción que incluían leguminosas como cultivo o como abono verde. Por su parte, Martiniuk y Wagner (1978) no encontraron diferencias en la población de hongos entre las parcelas con maíz continuo y con rotación maíz-trébol.

#### *Celulolíticos*

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas (P<0,1) con respecto a la población de celulolíticos en la segunda, sexta y séptima fechas de muestreo (Cuadro 1).

Aunque para la segunda fecha de muestreo, todavía no se habían aplicado los tratamientos, hubo diferencias significativas entre ellos, siendo la población de celulolíticos más alta en la parcela destinada al tratamiento CrI, y más baja en la del CB. Al mismo tiempo la parcela CrI fue la que presentó el

**Cuadro 3.** Contenidos de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P y K en muestras de suelo (1-10 cm) bajo distintos sistemas de labranza conservacionista. Los valores representan la media de 3 repeticiones.

Tratamiento	Muestreos							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (µg.g suelo seco<sup>-1</sup>)</b>								
CB	2,4 a <sup>1</sup>	0,8 a	0,9 a	3,7 a	7,9 a	8,1 a	5,8 a	3,9 A
BI	2,4 a	4,1 a	2,4 a	0,8 b	8,9 a	5,1 a	4,7 a	3,8 A
CCr	3,7 a	4,1 a	1,8 a	0,3 b	10,6 a	3,2 a	5,3 a	4,0 A
CrI	2,7 a	3,3 a	1,5 a	3,8 a	3,4 a	3,2 a	4,9 a	3,1 A
Promedio	2,8 D <sup>2</sup>	3,1 CD	1,6 D	2,1 D	7,7 A	4,9 BC	5,2 B	
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (µg.g suelo seco<sup>-1</sup>)</b>								
CB	10,1 b	1,4 ab	0,3 b	18,2 a	2,4 a	13,4 a	15,3 a	8,3 A
BI	12,4 b	1,7 a	1,2 ab	9,6 a	9,1 a	7,9 a	18,8 a	8,5 A
CCr	13,4 b	0,9 ab	2,2 a	18,9 a	6,9 a	4,6 a	15,9 a	8,8 A
CrI	20,9 a	0,3 b	1,8 ab	19,0 a	6,2 a	5,9 a	15,4 a	10,1 A
Promedio	14,2 A	1,1 C	1,4 C	16,4 A	6,1 B	7,9 B	16,3 A	
<b>P (µg.g suelo seco<sup>-1</sup>)</b>								
CB	32 b	30 a	30 a	28 a	41 a	31 ab	38 a	33 B
BI	36 b	34 a	32 a	33 a	40 a	34 ab	31 a	34 B
CCr	38 ab	31 a	27 a	29 a	35 a	24 b	37 a	32 B
CrI	55 a	41 a	38 a	38 a	40 a	38 a	42 a	42 A
Promedio	40 A	34 AB	32 B	32 B	39 A	32 B	37 AB	
<b>K (µg.g suelo seco<sup>-1</sup>)</b>								
CB	37 a	77 a	65 a	88 a	58 a	51 ab	112 a	67 A
BI	37 a	82 a	79 a	93 a	56 a	57 ab	189 a	81 A
CCr	39 a	73 a	61 a	93 a	59 a	35 b	111 a	65 A
CrI	38 a	77 a	69 a	93 a	55 a	85 a	134 a	75 A
Promedio	38 D	77 BC	68 BC	92 B	57 CD	57 CD	136 A	

<sup>1</sup>Números en columnas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan. <sup>2</sup>Números en filas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

más alto contenido de humedad (Cuadro 2), lo que pudiera indicar que la actividad de los organismos celulolíticos fue estimulada por el mayor contenido de humedad del suelo en la parcela donde el año anterior hubo incorporación de crotalaria (efecto residual). Szegi (1988) señala que el contenido de humedad del suelo tiene una influencia importante en la utilización de los compuestos nitrogenados por los microorganismos celulolíticos, siendo la humedad óptima para la celulólisis similar a la requerida para que aumente la población de los microorganismos del suelo.

En el sexto muestreo la población de celulolíticos fue más alta en el tratamiento BI y más baja en el CB. Asimismo, el tratamiento BI fue el que presentó el más alto contenido de CO (Cuadro 2), y relativamente altos contenidos de P y K (Cuadro 3), lo cual proporciona condiciones favorables para el desarrollo de los celulolíticos.

El hecho de que las diferencias entre tratamientos, con respecto a la población de celulolíticos, se manifieste en la sexta fecha de muestreo, o sea 85 días después de la aplicación de los tratamientos, indica que probablemente hasta ese momento los microorganismos celulolíticos no presentaban

limitaciones en la disponibilidad de celulosa en los diferentes tratamientos, pero en el sexto muestreo la cantidad de celulosa físicamente disponible, probablemente disminuyó en los tratamientos con crotalaria, pasando a ser más importante la cantidad de lignina. La lignina se encuentra en la pared celular en íntima relación con la celulosa, haciendo aparentemente, este constituyente vegetal, más lenta la velocidad de descomposición de la celulosa (Alexander, 1980). Reyes (1993) trabajó en un experimento de incubación para medir el efecto de la incorporación de abonos verdes sobre la población celulolítica de dos suelos del país, uno de ellos de la Estación Experimental de Yaritagua, encontrando que en este suelo, la incorporación de una mezcla en partes iguales de paja de sorgo y crotalaria tuvo mayor efecto sobre la población de celulolíticos, que la incorporación sólo de sorgo o crotalaria, siendo estas diferencias más consistentes a partir de los 91 días después de la incorporación. Es importante mencionar que la mezcla de paja de sorgo y crotalaria tuvo mayor contenido de celulosa y de lignina que el tratamiento con paja de sorgo solamente (Rivero, 1993). Estos dos tratamientos son semejantes a los de CrI (incorporación de crotalaria y residuo de maíz) y BI (incorporación de barbecho y residuo de maíz) de esta investigación.

**Cuadro 4.** Cuantificación de las poblaciones de nitritadores, nitratores y Bradyrhizobium spp. presentes en muestras de suelo (1-10 cm) bajo distintos sistemas de labranza conservacionista. Los valores representan la media de 3 repeticiones.

Tratamiento	Muestras							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Nitritadores (en 10.000g de suelo seco)</b>								
CB	0,7 a <sup>1</sup>	2,2 a	1,5 a	2,7 a	4,2 a	105,2 a	8,9 ab	15,8 A
BI	15,7 a	3,6 a	1,9 a	2,9 a	13,5 a	61,2 ab	14,5 ab	15,3 A
CCr	3,4 a	4,4 a	1,5 a	9,9 a	20,4 a	3,9 b	31,5 a	9,7 A
CrI	32,9 a	7,9 a	2,0 a	6,1 a	11,4 a	27,9 ab	7,1 b	14,1 A
Promedio	13,1 B <sup>2</sup>	4,5 B	1,7 B	5,4 B	12,4 B	49,6 A	15,5 B	
<b>Nitratores (en 10.000g de suelo seco)</b>								
CB	14,7 b	5,9 b	5,2 a	7,1 a	12,1 a	7,0 b	22,6 a	10,5 A
BI	11,3 b	400,3 a	1,2 a	3,8 a	13,3 a	13,5 a	4,8 a	56,8 A
CCr	11,4 b	45,5 b	3,8 a	76,8 a	40,3 a	14,3 a	56,4 a	32,0 A
CrI	89,0 a	10,0 b	3,3 a	15,1 a	76,8 a	3,6 b	42,4 a	27,2 A
Promedio	31,6 A	115,4A	3,4 A	25,7A	15,1 a	9,6 A	31,6 A	
<b>Bradyrhizobium spp. (Log)</b>								
CB	4,1 a	3,4 a	4,0 a	3,0 a	3,6 a	1,1 a	4,3 a	3,9 A
BI	2,9 b	3,8 a	3,8 a	2,9 a	1,0 a	2,4 a	3,9 a	3,5 A
CCr	3,8 ab	4,6 a	3,5 a	4,3 a	4,1 a	4,7 a	5,0 a	4,5 A
CrI	4,2 a	4,6 a	3,5 a	5,0 a	3,9 a	4,6 a	4,0 a	4,5 A
Promedio	4,0 A	4,3 A	3,8 A	4,5 A	3,8 A	4,4 A	4,5 A	

<sup>1</sup>Números en columnas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan. <sup>2</sup>Números en filas seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad del 90%, por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

En el séptimo muestreo, la población de celulolíticos tiende a ser significativamente mayor en el tratamiento con CrI. Este resultado indica que parte del contenido de lignina en la crotalaria ha sido degradado, permitiendo a los celulolíticos el acceso a la celulosa. Estas explicaciones sólo pueden comprobarse, realizando estudios sobre la tasa de descomposición de dichos residuos en sus componentes principales (celulosa, hemicelulosa, lignina), en las condiciones edafoclimáticas de esta investigación.

En el cuadro 1 se muestra la dinámica de la población promedio de celulolíticos en las siete fechas de muestreo, siendo en la cuarta fecha que la población alcanza su mayor valor, coincidiendo con el mayor contenido de  $N-NO_3^-$  y con valores relativamente altos de K (Cuadro 3). Como la población de hongos también experimentó un aumento en el cuarto muestreo, es probable que parte de la población fúngica detectada en ese momento correspondiera a organismos celulolíticos. Lee y Pankhurst (1992) señalan que los hongos son activos en la descomposición de la celulosa, siendo los principales agentes para la descomposición de la lignina. El cuarto muestreo ocurrió 18 días después de la aplicación de los tratamientos, tiempo suficiente para que los compuestos carbonados fácilmente degradables (polisacáridos), fueran usados por las especies de bacterias y hongos menos especializados, quedando para los celulolíticos aquellos compuestos más resistentes, como la celulosa, hemicelulosa y lignina.

En el cuadro 1 también se muestra el efecto de los tratamientos sobre la población de los celulolíticos, siendo el CrI el que produjo el mayor efecto sobre la población durante el tiempo que duró el ensayo, lo cual se debe a la mayor cantidad de celulosa presente en dicho tratamiento, y al hecho de que al incorporar el material vegetal al suelo, éste mantuvo un contacto estrecho con los microorganismos facilitando su actividad descomponedora.

#### Nitritadores

Los tratamientos presentaron diferencias significativas ( $P < 0,1$ ) con respecto a la población de nitritadores en la sexta y la séptima fechas de muestreo (Cuadro 4).

En el sexto muestreo la población de nitritadores fue mayor en los tratamientos de barbecho, es decir en los de CB y BI. Asimismo, el contenido de  $N-NH_4^+$  (fuente de energía para estos organismos) fue ligeramente mayor en estos tratamientos, presentándose también contenidos relativamente altos de P y K (Cuadro 3), elementos que intervienen en su nutrición.

En el séptimo muestreo la población de nitritadores fue mayor en los tratamientos de CCr y de BI, y menor en el de CB, a pesar de que el contenido de  $N-NH_4^+$  fue ligeramente más alto en este último tratamiento. Con respecto a las demás variables físicas y químicas, no hubo diferencias estadística-

mente significativas entre los tratamientos que pudieran explicar las diferencias en la población de nitrificadores en este muestreo.

La dinámica de la población promedio de nitrificadores en los siete muestreos también se muestra en el cuadro 4. Se observa que es en el sexto muestreo donde la población alcanza su valor más alto, lo cual puede estar relacionado con el más alto contenido de  $\text{N-NH}_4^+$  detectado en el quinto muestreo (Cuadro 3), nueve días después del reabonamiento con urea. Es posible que entre la quinta y la sexta fecha de muestreo, ocurriera un pico en la población de nitrificadores. Groffman (1985) evaluó durante un año (muestreos mensuales) la actividad nitrificadora de un Ultisol de Georgia cultivado con sorgo, midiendo la producción de  $\text{N-NO}_2^-$  en muestras de suelo incubadas con  $\text{N-NH}_4^+$ , encontrando cambios estacionales en dicha actividad que, según el autor, pudieron ser ocasionados por efecto de los residuos aplicados (independiente del tipo de labranza) y de la fertilización, ocurriendo grandes aumentos en la actividad después de la cosecha y de la labranza.

#### *Nitrificadores*

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,1$ ) con respecto a la población de nitrificadores en la primera, segunda y sexta fechas de muestreo (Cuadro 4).

En el primer muestreo la población de nitrificadores es significativamente más alta en el tratamiento CrI, y en el segundo muestreo en el tratamiento BI, coincidiendo ambos con los mayores contenidos de  $\text{N-NO}_3^-$  en el suelo (Cuadro 3). En el primer muestreo, en todos los tratamientos hubo una relación positiva entre la población de nitrificadores y el contenido de humedad del suelo (Cuadro 2), y en el segundo muestreo la relación positiva ocurrió entre estos organismos y el contenido de  $\text{N-NH}_4^+$  (Cuadro 3). Las variaciones observadas en ambos muestreos pueden atribuirse a un efecto residual de los tratamientos aplicados en años anteriores.

En el sexto muestreo, la población de nitrificadores fue mayor en el tratamiento CCr y menor en el de CrI. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para el contenido de humedad ni para las variables químicas, lo cual permitiría explicar las diferencias en la cantidad de nitrificadores.

La dinámica de la población promedio de nitrificadores en el tiempo se muestra también en el cuadro 4, observándose que no hay diferencias estadísticamente significativas entre fechas de muestreo. No obstante, la población tendió a ser mayor en el segundo muestreo, guardando una relación positiva con el contenido de humedad del suelo (Cuadro 2).

#### *Bradyrhizobium spp.*

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,1$ ) con respecto a la población de *Bradyrhizobium* spp., sólo en la primera fecha de muestreo (Cuadro 4), realizada tres días antes de la siembra de la crotalaria, por lo tanto el efecto de los tratamientos es residual. En esta primera fecha de muestreo, la población de bradyrizobios fue más alta en el tratamiento CrI y más baja en el BI, en relación a CB y CCr. El tratamiento CrI presentó una población más alta que el CCr, lo cual puede indicar que el tipo de manejo dado al residuo de crotalaria, tuvo influencia en la población de bradyrizobios. El suelo en el tratamiento de CrI también presentó contenidos significativos de  $\text{N-NO}_3^-$  y P (Cuadro 3), lo cual pudo favorecer la sobrevivencia saprofitica de estas bacterias en ausencia de hospederos.

Se sabe que los rizobios viven en el suelo como saprofitos, usando compuestos orgánicos simples y  $\text{N-NO}_3^-$  o  $\text{N-NH}_4^+$  como fuente de N. Sin embargo, la nodulación se ha desarrollado como un mecanismo ecológicamente conveniente, en el cual la ocurrencia de un simbiote frecuentemente induce la presencia del otro. Es por ello que existe una estrecha relación entre la presencia de leguminosas y la ocurrencia y proliferación de poblaciones de bradyrizobios, tal como lo demuestran Wooster *et al.* (1988), quienes estudiaron la relación entre diversos factores ambientales, entre ellos la cobertura de leguminosas, y la abundancia de *Bradyrhizobium sp.* y *Rhizobium trifolii* en diferentes suelos de Hawaii (molisoles, inceptisoles, ultisoles y oxisoles). Ellos obtuvieron una correlación positiva significativa entre la población de bradyrizobios y las variables precipitación media anual ( $r=0,82$ ) y P retenido en el suelo ( $r=0,66$ ).

En el cuadro 4 también se muestra la dinámica de la población de *Bradyrhizobium* spp a través de los siete muestreos, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. No obstante, la población fue más alta en el séptimo muestreo, seguido por el cuarto muestreo. El análisis de los contajes de bradyrizobios obtenidos en los tratamientos con crotalaria nos permite hacer el siguiente análisis: en los tratamientos CCr y CrI la población de bradyrizobios aumenta en el segundo muestreo, probablemente debido al aumento en el contenido de humedad del suelo, mientras que en el tercer muestreo la población disminuye quizás por efecto del corte de la leguminosa; hasta este momento los contajes son similares en los dos tratamientos.

En el cuarto muestreo, la población tiende a ser más alta en CrI, lo cual posiblemente se debe a una descomposición mayor de nódulos, y por ende, a una mayor liberación de bradyrizobios que en el tratamiento CCr. Entre la cuarta y séptima fechas de muestreo, la población en CrI disminuye, debido quizás a la sequía; sin embargo, en CCr la población se incrementa en el último muestreo, lo cual parece indicar una descomposición más tardía de nódulos que en CrI, y por lo tanto una liberación más lenta de bradyrizobios de ellos.

En el cuadro 4 se muestra el efecto de los tratamientos sobre la población de *Bradyrhizobium* spp., observándose que los tratamientos con crotalaria favorecieron más la población de bradyrizobios que los de barbecho, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que los tratamientos BI y CrI son los que tuvieron mayor efecto sobre las poblaciones microbianas y sobre las variables físicas y químicas evaluadas. Los tratamientos BI y CrI tuvieron respectivamente un efecto significativo sobre las poblaciones de hongos y de celolíticos. Asimismo, el análisis estadístico por muestreo revela que es en los tratamientos BI y CrI donde la población de bacterias tiende a ser más alta. En algunos muestreos, los tratamientos con crotalaria (CrI y CCr) son los que mostraron un mayor efecto sobre las poblaciones de nitrificadores, nitrificadores y *Bradyrhizobium* spp.

Los cambios de las poblaciones microbianas y de las variables químicas del suelo, que en su mayoría mostraron tendencia cíclica u oscilatoria en el tiempo, fueron afectados por el contenido de humedad del suelo, por la aplicación de los residuos vegetales incorporados o en cobertura, así como por la fertilización del cultivo principal.

Finalmente, se dan algunas recomendaciones que pueden ayudar a obtener información más completa en futuras investigaciones: a) realizar un análisis de correlación, entre las poblaciones microbianas y las variables físicas y químicas evaluadas en esta investigación, que permita conocer el grado de asociación entre ellas, para lo cual es necesario aumentar el número de réplicas por cada muestreo de suelo, lo que implica el uso de una cantidad considerable de material de laboratorio para el cultivo de microorganismos que puede no estar disponible; b) incluir en el lugar del ensayo tratamientos con labranza convencional (con y sin crotalaria), como la que realizan los agricultores de la zona, para comparar sus efectos, particularmente sobre las propiedades biológicas del suelo, con los producidos por los sistemas de labranza conservacionista evaluados; c) considerar otras variables, tales como: evolución de CO<sub>2</sub>, tasas de descomposición de los diferentes residuos vegetales y su composición inicial y final de material soluble, hemicelulosa, celulosa y lignina, que ayudan a explicar la dinámica de los microorganismos heterótrofos y su relación con los cambios en el contenido de CO del suelo; d) un estudio adicional del efecto de los sistemas de labranza conservacionista sobre la dinámica poblacional de las especies de hongos patógenos del maíz y otros cultivos.

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al CONICIT y al CDCH (U.C.V.) por el financiamiento de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- Alexander, M.** 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Traducción al Español de la segunda edición por J.J. Peña-Cabriales. AGT Editor, S.A. México. 491 p.
- Aulakh, M., J. Doran, D. Walters, A. Musier y D. Francis.** 1991. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1020.
- Bremner, J.** 1965. Inorganic forms of nitrogen. **In:** Methods of soil analysis, Part 2. C. Black *et al.* (Eds.). Agron. Ser. N° 9, Am. Soc. Agron. Inc, Madison, W.I., pp. 1179-1237.
- Broder, M. y G. Wagner.** 1988. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat, and soybean residue. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:112-117.
- Collins, H., P. Rasmussen y C. Douglas.** 1992. Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:783-788.
- Contreras, F.** 1993. Variaciones de la actividad enzimática (ureasa y fosfatasa ácida) de un Oxic Haplustalf sometido a la incorporación de residuos orgánicos y bajo dos tipos de labranza. Tesis (M.Sc.). Maracay. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Postgrado en Ciencia del Suelo. 115 p.
- Coventry, D. y Hirth, J.** 1992. Effects of tillage and lime on *Rhizobium trifolii* populations and survival in wheat-subterranean clover rotation in southeastern Australia. *Soil Tillage Res.* 25:67-74.
- Doran, J.** 1980a. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:765-771.
- Doran, J.** 1980b. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 518-524.
- Kempers, A y A. Zweers.** 1986. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 17: 715 - 723.
- Kirchner, M., A. Wollum y L. King.** 1993. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1289-1295.
- Lee, K. y C. Pankhurst.** 1992. Soil organisms and sustainable productivity. *Aust. J. Soil Res.* 30(6):855-892.
- 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. Maracay, Venezuela. Universidad Central. Facultad de Agronomía. Postgrado en Ciencia del Suelo. 147 p.
- Martyniuk, S. y G. Wagner.** 1978. Quantitative and qualitative examination of soil microflora associated with different management systems. *Soil Science.* 125(6):343-350.
- Norris, D.** 1968. Techniques used in work with *Rhizobium*. *Commonw. Bur. Past. Fld. Crops. Bull* N° 47. pp. 186-198.
- Pla, I.** 1983. Metodología para la caracterización física con

fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Revista Facultad de Agronomía, U.C.V. Alcance 32. Maracay, Venezuela. 91 p.

**Rivero, C.** 1993. Evaluación de la materia orgánica nativa e incorporada en tres suelos de importancia agrícola en Venezuela. Tesis de Doctorado. Maracay, Venezuela. Universidad Central. Facultad de Agronomía. Postgrado en Ciencia del suelo. 200 p.

**SAS Institute Inc.** 1989. SAS/STAT™. User's Guide Release 6.07 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 846 p.

**Schmidt, E. y L. Belser.** 1982. Nitrifying bacteria. **In:** Methods of Soil Analysis, Part 2, Segunda edición. Chemical and Microbiological Properties. A. L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.). Agron. Ser. N° 9, Am. Soc. Agron., Inc., Madison, WI, pp. 1027-1042.

**Szegi, J.** 1988. Cellulose decomposition and soil fertility. Akadémiai Kiadó. Budapest, Hungary. 186p.

**U.C.V.** 1993. Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el Laboratorio General del Instituto de Edafología. Cuadernos Agronomía, Año 1, N° 6. Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. 89 p.

**Vincent, J.** 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. I.B.P. Handbook N° 15, Blackwell Scientific Publications, Oxford. 164 p.

**Wollum, A.** 1982. Cultural methods for soil microorganisms. **In:** Methods of Soil Analysis, Part 2, Segunda edición. Chemical and Microbiological Properties. A. Page, R. Miller and D. Keeney (Eds.). Agron. Ser. N° 9, Am. Soc. Agron., Inc., Madison, WI, pp. 781-802.