

## EFECTO DEL USO AGRICOLA Y EL BARBECHO SOBRE LOS CONTENIDOS DE BIOMASA MICROBIANA DE ULTISOLES Y ANDISOLES DE COSTA RICA<sup>1/</sup>

Leida Castro \*\*

### ABSTRACT

**Effect of cultivation and fallow on the contents of microbial biomass in Ultisols and Andisols of Costa Rica.** Ultisol of the regions of San Carlos and Buenos Aires, and Andisols of the Central Valley and San Vito in Costa Rica, were sampled in order to estimate the Microbial Biomass (MB) when kept under cultivation or fallow. Pineapples and vegetable crops were present in the Ultisols and Andisols respectively, at the time of the sampling. In both types of fallowed soils, lots in an early successional state were chosen. The contents of microbial  $-NH_4$  were measured as an indicator of MB, as proposed by Voroney *et al.* (1993). It was found that the Andisols under fallowed conditions had higher contents of MB (approx. 28 ug/g of dry soil) as compared to the Ultisols under the same use (15 ug/g of dry soil). Both soil types were found to have reduced MB contents when under cultivation. The values of MB of the fallowed Ultisols were very similar in both sampled locations, but these values in the cultivated lots were reduced by 42% and 75% in San Carlos and Buenos Aires respectively in the cultivated lots. The same trend was observed in the Andisols, where the MB values decreased by 51% and 80% in San Vito and the Central Valley respectively in the cultivated lots as compared to those fallowed. The reductions observed in the contents of MB were partially correlated to reduced content of organic matter (OM). The general correlation between MB and OM for all the soils was 0.71. The correlation was 0.91 for the Ultisols and 0.42 for the Andisols.

### INTRODUCCION

Las determinaciones de biomasa microbiana han sido ampliamente utilizadas en estudios sobre el flujo de carbono, ciclos de nutrientes y productividad de plantas en una gran variedad de ecosistemas terrestres. Estas determinaciones proveen

una medida de la cantidad de biomasa microbiana presente en el suelo en un punto particular de tiempo; los datos obtenidos se han utilizado, entre otros usos, para evaluar cambios en la biota del suelo causados por el manejo y las prácticas de labranza, así como para estimar las fluctuaciones estacionales en biomasa (Voroney *et al.*, 1993).

La biomasa microbiana juega un papel crítico en el ciclo del carbono. Asimismo, es el principal agente para la descomposición de la materia orgánica y las transformaciones de nutrientes; por lo tanto afecta la fertilidad del suelo y el funcionamiento de los ecosistemas (Smith *et al.*, 1990; Miller, 1990; Brookes, 1992).

1/ Recibido para publicación el 9 de mayo de 1995.

\* Proyecto VI-UCR-733-93-231.

\*\* Laboratorio Microbiología de Suelos, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Un rápido incremento en la actividad de la biomasa microbiana contribuye a la formación de los agregados del suelo, a través de la secreción de polisacáridos bacteriales y a través del crecimiento de hifas (Potter, 1990).

La agricultura, especialmente aquella altamente tecnificada, reduce al mínimo la cobertura natural y puede romper los agregados y la estructura porosa del suelo, a través de operaciones como el arado (Lal, 1984). Cuando los suelos se cultivan se producen cambios en la estructura y actividad de la biota del suelo, los cuales se deben a la introducción de productos químicos tóxicos, cambios en la temperatura, contenidos de agua, volumen de materia orgánica, etc. (Hendrix *et al.*, 1990). Estas alteraciones influyen sobre la degradación del suelo, ya que se traducen en una pérdida de materia orgánica y un aumento en la erosión (Smith y Elliott, 1990). La cantidad y calidad de la materia orgánica se reduce cuando las comunidades nativas son convertidas a sistemas de monocultivo (Potter y Meyer, 1990). Estos cambios de hábitat y de disponibilidad de recursos, frecuentemente reducen la cantidad y diversidad de especies (aunque algunas especies pueden incrementar su abundancia), alterando la estructura trófica y cambiando la dinámica de los ciclos de nutrientes (Miller, 1990).

En los ecosistemas naturales así como en los agroecosistemas, la actividad biológica del suelo es de gran importancia, por lo que es un factor a tomar en cuenta en el desarrollo de la nueva agricultura. En consecuencia, más que un menor manejo, los agroecosistemas sostenibles requerirán de un mejor manejo y para ello mayor información sobre todos los factores componentes, incluyendo la biota del suelo (Hendrix *et al.*, 1990).

El presente trabajo tuvo como objetivo aportar información sobre la biomasa microbiana de 2 órdenes de suelo de Costa Rica, al cuantificar las diferencias presentes en Ultisoles y Andisoles en 2 ecosistemas, (barbecho y cultivo) y al establecer alguna relación entre la biomasa y los factores químicos del suelo.

## MATERIALES Y METODOS

### Elección de los sitios

En la época lluviosa, se muestrearon Ultisoles en Buenos Aires y San Carlos, así como Andisoles en las zonas de San Vito, Coto Brus y El Va-

lle Central. Se escogieron 10 Ultisoles de San Carlos y 10 de Buenos Aires, 5 dedicados al cultivo de la piña y 5 en barbecho, en ambos casos. Para el muestreo de los Andisoles se colectaron 11 muestras en el Valle Central (en su mayoría suelos de la zona de Cartago), 6 dedicadas al cultivo de hortalizas y 5 en barbecho; mientras que en San Vito se colectaron 18 suelos, 9 utilizados en hortalizas y 9 en barbecho.

En todas las localidades se muestrearon terrenos bajo barbecho junto a los terrenos cultivados; sin embargo en los Andisoles en el Valle Central, debido a la escasez de lotes bajo barbecho, tanta cercanía no fue posible.

### Recolección de la muestra

Cada muestra estuvo compuesta de 5 a 10 submuestras, de los primeros 15 cm. Se pasaron por una criba para eliminar restos vegetales grandes y piedras, se homogenizaron y se llevaron a los laboratorios del Centro de Investigaciones Agronómicas.

### Análisis realizados

A las muestras de suelo húmedo se les determinó, al día siguiente a su recolección, el contenido de  $\text{NH}_4$ -microbiano (como indicador de la biomasa microbiana) según la metodología de Voroney *et al.* (1993); en este procedimiento, al fumigar el suelo con cloroformo las células microbianas se lisan y liberan al medio los nutrientes de su interior, los cuales pueden ser fácilmente determinados por los métodos convencionales. Esta es la metodología más comúnmente utilizada, ya que es relativamente fácil y rápida.

Se determinó además, el contenido de materia orgánica (Walkley y Black, 1938) y se realizó un análisis químico completo (N, P, K, pH, Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn, Zn)(Cuadro 1).

Los datos se analizaron por medio de Análisis de Varianza y correlaciones. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey (0,05).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Biomasa microbiana y materia orgánica

El efecto del uso agrícola sobre la biomasa microbiana y sobre la materia orgánica del suelo

Cuadro 1. Caracterización biológica y química de Ultisoles y Andisoles de 4 regiones de Costa Rica.

Variables	Ultisoles				Andisoles			
	San Carlos		Buenos Aires		Valle Central		San Vito	
	Barbecho	Piña	Barbecho	Piña	Barbecho	Hortalizas	Barbecho	Hortalizas
<b>µg/g</b>								
Biomasa	15,57	9,24	13,52	3,31	28,02	5,47	28,81	11,28
<b>%</b>								
Materia orgánica	6,35	6,03	9,81	4,34	14,59	10,74	13,54	11,68
Humedad	33,44	31,16	34,42	26,74	46,98	37,06	48,22	42,60
N	0,32	0,29	0,31	0,12	0,62	0,47	0,67	0,49
pH	4,72	4,58	4,54	4,44	5,48	5,22	5,08	5,26
<b>cmol(+)/L</b>								
Ca	3,47	3,30	1,30	0,85	6,12	4,18	5,15	6,91
Mg	1,17	1,04	0,47	0,06	2,12	0,49	0,85	0,52
K	0,23	0,27	0,16	0,10	0,91	0,72	0,28	0,45
<b>mg/L</b>								
P	6,60	8,60	10,00	8,60	76,80	112,2	16,20	27,00
Cu	11,20	13,20	7,20	7,00	27,80	52,00	16,00	19,00
Fe	390,6	471,2	785,2	361,0	440,8	509,6	175,6	177,2
Mn			63,20	11,80	107,0	87,40	142,0	102,0
Zn	2,28	2,60	2,10	2,82	5,52	3,46	3,74	2,50

se muestra en la Figura 1; sin considerar el tipo de suelo, la biomasa microbiana disminuyó en promedio a la mitad cuando el suelo se sometió a la actividad agrícola (de 23 a 11 µg/g suelo seco). También la materia orgánica disminuyó en promedio de 12 a 7%, lo que significa un 40% de reducción.

En la Figura 2 se observa como el tipo de suelo influye en los contenidos de biomasa microbiana y materia orgánica. Los Andisoles presentan contenidos de biomasa microbiana 50% mayores comparados con los Ultisoles, así como contenidos de materia orgánica 50% mayores. Este comportamiento se debe a las características genéticas y mineralógicas intrínsecas a estos suelos; los Andisoles presentan abundantes contenidos de coloides organominerales propiciados por la presencia de alofanos (Fitz Patrick, 1987) y por lo tanto mayor posibilidad de albergar biomasa microbiana.

Si se considera solamente los Andisoles (San Vito, Valle Central) (Figura 3), la reducción en biomasa microbiana, al comparar suelos en cultivo y suelos bajo barbecho en la localidad de San Vito, es de 51%, mientras que en el Valle Central (en su mayoría suelos de la zona hortí-

cola de Cartago) esta reducción en biomasa microbiana es del 80%. En la misma figura se puede observar que la reducción en materia orgánica es mucho más acentuada en el Valle Central (30%) que en San Vito (14%).

En los Ultisoles (Figura 4) se presenta el mismo efecto; así, en la zona de San Carlos la reducción en biomasa microbiana al comparar suelos bajo barbecho con suelos en cultivo fue de 42%, mientras que en la zona de Buenos Aires la reducción fue 76%. En cuanto a la materia orgánica, en los Ultisoles de San Carlos no se presentó una reducción significativa, mientras que en Buenos Aires fue de 57%.

La tendencia general en ambos tipos de suelo sugiere que la reducción más marcada en biomasa microbiana y materia orgánica se da en suelos donde la agricultura es sumamente intensiva, como lo es en Buenos Aires con el cultivo de la piña y en la zona hortícola del Valle Central. Al contrario, en los suelos de San Vito y San Carlos los agricultores informan que frecuentemente cambian el cultivo o el lote en que siembran, ya que las extensiones sembradas son pequeñas, y que con frecuencia algunos terrenos se dejan en

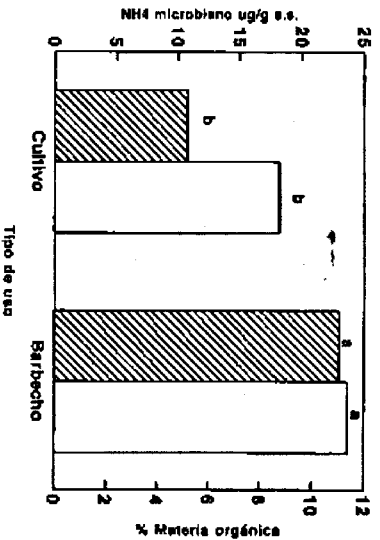


Fig. 1. Contenidos de materia orgánica y biomasa microbiana en suelos dedicados al cultivo y en barbecho.

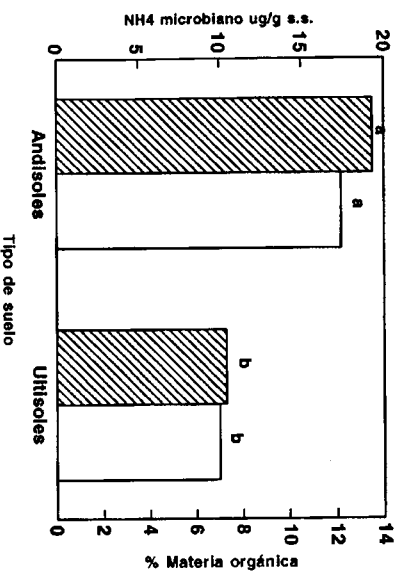


Fig. 2. Contenidos de materia orgánica y biomasa microbiana en Ultisoles y Andisoles.

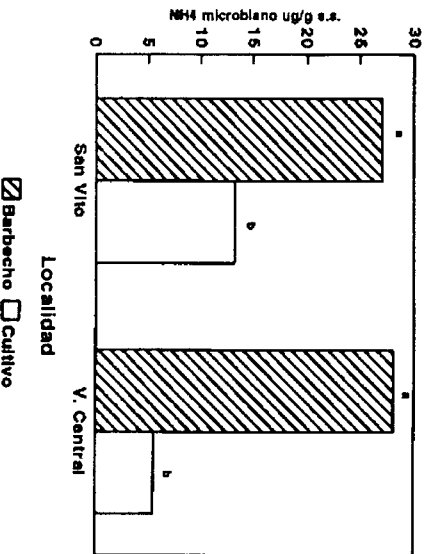


Fig. 3. Contenidos de materia orgánica y biomasa microbiana en Andisoles bajo barbecho o cultivo.

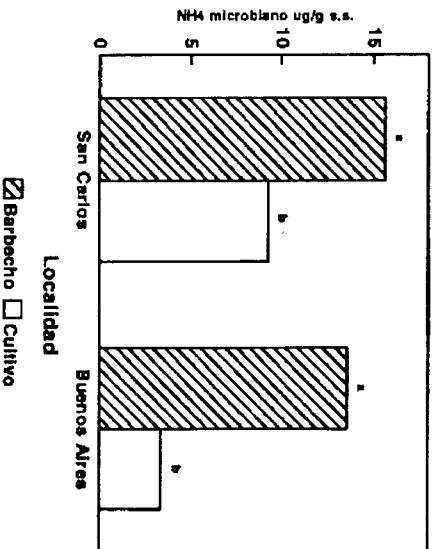


Fig. 4. Contenidos de materia orgánica y biomasa microbiana en Ultisoles, bajo barbecho o cultivo.

Cuadro 2. Factores de correlación entre la biomasa microbiana y las demás variables evaluadas.

Variables	Ultisoles + Andisoles	Ultisoles	Andisoles
Factores de Correlación			
Materia orgánica	0,71*	0,91*	0,42
Humedad	0,67*	0,90*	0,53
N	0,71*	0,90*	0,59
pH	0,39	0,64*	0,03
Ca	0,25	0,39	0,13
Mg	0,13	0,43	-0,02
K	-0,05	0,25	-0,44
P	-0,20	0,25	-0,60
Cu	-0,30	0,10	-0,30
Fe	-0,30	-0,10	-0,53
Mn	-0,30	-0,20	0,56
Zn	0,37	0,50	0,29

\* Nivel de significancia 0,05

barbecho en ciertas temporadas. Es posible que esta sea la causa de que las reducciones de materia orgánica y biomasa microbiana, debidas al uso agrícola, no sean tan drásticas en estas 2 regiones; pero las condiciones climáticas, o los años de uso, podrían también tener efecto.

La relación directa y la influencia positiva de la materia orgánica sobre la biomasa ha sido previamente señalada. Rasmussen y Collins (1991), por ejemplo, indican que cuando los suelos vírgenes se cultivan se observa un descenso de la biomasa microbiana, así como de la materia orgánica.

#### Correlaciones entre biomasa microbiana y algunas características químicas del suelo

En el Cuadro 2 se muestra los coeficientes de correlación entre biomasa y las demás variables. Es importante destacar las correlaciones hechas entre materia orgánica y biomasa microbiana; cuando se correlacionaron los datos de todos los suelos el valor obtenido fue de 0,71, lo que permitiría establecer una relación general que asocia las disminuciones en la biomasa microbiana con los descensos en materia orgánica; o sea, al agotarse el sustrato disminuye la población.

Cuando el suelo es cultivado, se somete a cambios en las cantidades y calidades de la materia orgánica, en los regímenes de temperatura y humedad del suelo y en los procesos biológicos que afectan la descomposición y dinámica de la materia orgánica. La labranza del suelo incrementa la oxidación de la materia orgánica al destruir los agregados del suelo, exponiendo nuevas superficies al ataque bacterial y cambiando las condiciones redox dentro del perfil. La tasa de descomposición del carbono orgánico da indicios del tipo de materia orgánica que se está descomponiendo: un descenso inicial muy rápido representa la descomposición de la fracción activa, la cual está constituida por biomasa microbiana, carbohidratos solubles y enzimas exocelulares; al terminar esta etapa la tasa de descomposición disminuye, reflejando las pérdidas de carbono de la fracción de descomposición lenta; finalmente, la tasa de descomposición llega a ser cercana a cero cuando el suelo solo conserva la fracción pasiva, generalmente constituida por ácidos húmicos y fúlvicos y por complejos organominerales (Woomer y Swift, 1994).

Cuando se realizaron las correlaciones independientes para Ultisoles y Andisoles (Cuadro 2) los coeficientes de correlación fueron muy diferentes entre sí (0,91 y 0,42, respectivamente). En los Ultisoles el valor fue mayor que en los Andisoles, debido posiblemente a que en los Ultisoles la fracción pasiva de materia orgánica es muy baja y los contenidos de materia orgánica dependen más de las fracciones activas y de descomposición lenta; cuando la fracción activa de estos suelos se descompone los porcentajes de materia orgánica disminuyen rápidamente y por ende la cantidad de biomasa microbiana del suelo. En los Andisoles, por el contrario, el coeficiente de correlación fue menor, ya que la fracción pasiva de materia orgánica en este tipo de suelo es muy grande, y aún cuando el suelo pierda la fracción activa esta pérdida no es tan significativa (en términos de contenidos de materia orgánica totales) como en los Ultisoles.

Por lo tanto, parece ser que los Andisoles, por sus características particulares, no pierden materia orgánica en términos absolutos tan drásticamente como los Ultisoles; sin embargo, bajo las condiciones de uso evaluadas son tan vulnerables como los Ultisoles para perder biomasa microbiana, ya que la fracción de materia orgánica disponible para los microorganismos (activa) se pierde con la misma intensidad en ambos suelos.

Para la humedad y el contenido de nitrógeno del suelo (únicas variables para las que se encontró significancia cuando se analizaron todos los suelos), las correlaciones con biomasa microbiana presentaron las mismas tendencias que la correlación con materia orgánica. Esto posiblemente se debe a los altos contenidos de materia orgánica de la fracción pasiva de los Andisoles, la cual hará un aporte considerable a la determinación de nitrógeno total, y será capaz de retener altas cantidades de agua.

Los Andisoles sometidos a una agricultura intensiva pueden conservar sus excelentes características físicas (drenaje, estructura, etc.), ya que sus contenidos de materia orgánica se mantendrán generalmente altos; sin embargo, según algunos autores (Primavesi, 1982; Kennedy y Papendick, 1995) las pérdidas en diversidad y cantidad de microorganismos se podrían reflejar en desbalances ecológicos o en problemas de fitosanidad.

En los Ultisoles una población microbiana adecuada puede tener un mayor efecto sobre las características físicas del suelo, en comparación con los Andisoles, ya que las excreciones microbianas propiciarán una mayor formación de agregados de suelo (Potter, 1990).

Otro factor que podría afectar los contenidos de biomasa microbiana, además de la materia orgánica, es la cobertura del suelo. Rasmussen y Collins (1991) indican que, bajo las condiciones de climas templados, en donde los suelos en barbecho están generalmente cubiertos por gramíneas con una alta biomasa radical, la biomasa microbiana es el doble que en los suelos dedicados a la agricultura. La cantidad de biomasa radical es importante, ya que suple una cantidad significativa de carbono para la biota del suelo. Además, el hecho de que el suelo este cubierto lo hace menos vulnerable a la desecación y la erosión.

## RESUMEN

Con la finalidad de estimar la biomasa microbiana bajo barbecho o cultivo en 2 tipos de suelos de Costa Rica, se realizaron muestreos en Ultisoles de las regiones de San Carlos y Buenos Aires, así como en Andisoles del Valle Central y Coto Brus. En los Ultisoles se escogió como cultivo la piña y en los Andisoles las hortalizas; como barbecho se trató de muestrear terrenos bajo estados de sucesión temprana (tacotal o charral). Como indicador de biomasa microbiana se determinó el contenido de

$\text{NH}_4$ -microbiano mediante el método propuesto por Voroney *et al.* (1993). Los Andisoles bajo barbecho poseen mayor cantidad de biomasa microbiana (aproximadamente 28 ug/g de suelo seco) comparados con los Ultisoles bajo el mismo uso (15  $\mu\text{g/g}$ ). Tanto los Ultisoles como los Andisoles presentan menor biomasa microbiana cuando están bajo cultivo. En los Ultisoles de las 2 localidades muestreadas, cuando se encontraban bajo barbecho, los valores de biomasa fueron muy similares; sin embargo esta se redujo, al estar bajo cultivo en 42% en San Carlos y en 75% en Buenos Aires. Para los Andisoles los valores de biomasa en barbecho fueron también similares, pero cuando estuvieron dedicados a la producción de hortalizas la biomasa disminuyó en 51% en Coto Brus mientras que en el Valle Central disminuyó en 80%.

Las reducciones observadas en los contenidos de biomasa microbiana se correlacionaron de mayor o menor grado con las reducciones de materia orgánica. La correlación general entre los contenidos de biomasa y de materia orgánica para todos los suelos fue de 0,71; mientras que por orden de suelo se obtuvo una correlación de 0,91 para Ultisoles y 0,42 para Andisoles.

## AGRADECIMIENTOS

La autora agradece la colaboración de Marena Chavarría, Juan Sigarán y Pedro Masís. Además el apoyo económico del Laboratorio de Suelos y del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas.

## LITERATURA CITADA

- BROOKES, P. 1992. The potential of microbiological parameters as indicator in soil pollution monitoring. Soil Science Department, AFRC Institute of Arable Crops Research. Rothamstead Experimental Station, Harpenden, Herts, UK. 22 p.
- FITZ PATRICK, E. 1987. Suelos: su formación, clasificación y distribución. 3 ed. México, Editorial Continental S.A. 430 p.
- HENDRIX, P.; CROSSLEY, D.; BLAIR, J.; COLEMAN, D. 1990. Soil biota as component of sustainable agroecosystems. In Sustainable Agricultural Systems. Ed. by Edwards, C.A. *et al.* Soil and Water Conserv. Soc. Iowa, USA. 696 p.

- KENNEDY, A.; PAPENDICK, R. 1995. Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 5:243-248.
- LAL, R. 1994. Soil erosion from tropical arable lands and its control. *Advances en Agronomy* 37:183-248.
- MILLER, R. 1990. Soil Microbiological inputs for sustainable agricultural systems. *In Sustainable Agricultural Systems*. Ed. by Edwards, C.A. *et al.* Soil and Water Conserv. Soc. Iowa, USA. 696 p.
- PRIMAVESI, A. 1984. Manejo ecológico del suelo. 5 ed. Argentina, El Ateneo. 495 p.
- POTTER, C.; MEYER, R. 1990. The role of soil biodiversity in sustainable dryland farming systems. *In Advances in Soil Science* 13: 241-251.
- RASMUSSEN, P.; COLLINS, H. 1991. Soil organic matter en semiarid regions. *Advances in Agronomy* 45: 94-134.
- SMITH, J.; ELLIOT, L. 1990. Tillage and residue management effects on soil organic matter dynamics in semiarid regions. *Advances in Soil Science* 13:69-87.
- SMITH, J.; PAUL, E. 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. *Soil Biochemistry* 6:357-396.
- VORONEY, R.; WINTER, J.; BEYAERT. 1993. Soil microbial biomass C and N. *In Soil Sampling and Methods of Analysis*. Ed. by M. R. Carter. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers. Canada. 277-286 p.
- WALKLEY, A.; BLACK, C. 1938. An examination of the degtajareffs method for determining soil organic matter and proposed modification of the cronic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38.
- WOOMER, P.; SWIFT, M. 1994. The biological management of tropical soil fertility. John Wiley and Sons. A Co-Publication with TSBF and Sayce Publishing. 239 p.