

# Mejoramiento del Suelo por *Acacia mangium* en un Sistema Silvopastoril con *Bracharia humidicola*

Jorge Alejandro Velasco Trejo<sup>1</sup>, Juan Carlos Camargo Garcia<sup>2</sup>, Hernán J. Andrade Castañeda<sup>3</sup>, Muhammad Ibrahim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Egresado CATIE Agroforestería 1998.

<sup>2</sup>Estudiante maestría CATIE, Turrialba, Costa Rica, jcamar@catie.ac.cr

<sup>3</sup>Estudiante maestría CATIE, Turrialba, Costa Rica, handra@catie.ac.cr

<sup>4</sup>Area agroforestería CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica, mibrahim@catie.ac.cr

## Resumen

El trabajo se realizó en la provincia de veraguas, Panamá sobre suelos ultisoles en bosque subhúmedo tropical (bsh-T). El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la incorporación de *Acacia mangium*, sobre el fósforo, manganeso, lombrices y hongos endomicorrízicos en un sistema silvopastoril con *Bracharia humidicola*.

Los tratamientos evaluados fueron el monocultivo de *B. humidicola* (Nd) y el sistema silvopastoril con *A. mangium* a baja densidad (Bd, 120 árboles\*ha<sup>-1</sup>) y a alta densidad (Ad, 240 árboles\*ha<sup>-1</sup>). La mayor producción de hojarasca se observó en el sistema Ad durante la época húmeda. El P total, orgánico y disponible, durante la época húmeda, fue mayor en Ad que en Bd y Nd (292 vs. 253 vs. 232; 99.4 vs. 92.2 vs. 80.22; 4.45 vs. 3.77 vs. 2.65 mg\*I<sup>-1</sup>, respectivamente).

El suelo en el sistema Ad presentó mayor humedad que en Bd y Nd (31.92 vs. 31.44 vs. 27.61%). Se encontró una relación directa entre el contenido de P edáfico y la población de hongos endomicorrízicos. El número de esporas bajo la copa fue mayor que fuera de ella, aunque no existen diferencias estadísticas. Esto concuerda con la mayor densidad poblacional de lombrices encontrada en los sistemas de Ad.

**Palabras clave:** Fósforo, Manganeso, lombrices, hongos endomicorrízicos, simbiosis.

## INTRODUCCION

En el trópico de América Latina 822 millones de hectáreas corresponden a suelos ácidos y de baja fertilidad (Toledo 1982). Estos suelos se caracterizan por pH bajo, alto contenido de elementos como aluminio y manganeso, pobres en bases y alta capacidad de retención de fósforo. Esto hace que su uso sea restringido y que la producción agrícola sobre éstos sea limitada.

El fósforo es el nutrimento más estable dentro del suelo. Sus pérdidas no son por lavado ni por volatilización, no obstante, su alta estabilidad implica baja solubilidad, así que muchos suelos tropicales tienen alta capacidad para fijarlo, causando deficiencias para las plantas (Bertsch 1995). Las plantas pueden capturar fósforo en simbiosis con hongos endomicorrízicos y el 90 % de las superiores establecen este tipo de relaciones (Sieverding *et al.* 1989). Dentro de los beneficios que traen las micorrizas a las plantas sobresalen el aumento en la absorción de minerales inmóviles (P), mejoramiento de la capacidad de transporte y absorción de agua, disminución del estrés calórico y de la pérdida de nutrimentos por lixiviación (Cuervo y Rivas 1997).

Los efectos más importantes de la presencia de micorrizas se observan cuando el fósforo en el suelo es bajo. En suelos tropicales con baja concentración de fósforo, alrededor de la zona de crecimiento radical, los iones se agotan rápidamente y debido a la tasa de difusión tan baja, esta zona no alcanza a ser aprovisionada en forma adecuada. El micelio de los hongos endomicorrizicos puede crecer más allá de esta zona, incrementando el volumen de suelo de donde la planta absorbe el fósforo (Sieverding *et al.* 1989). De otro lado las lombrices mejoran las propiedades físicas del suelo cuando construyen galerías y depositan sus excrementos dentro del perfil. Coleman (1986) encontró una relación positiva entre el porcentaje de agregados de suelo estables en el agua y la densidad de lombrices.

Los sistemas silvopastoriles son una opción de producción que se puede manejar con el fin de incrementar la productividad y el beneficio neto del sistema (Budowski 1989; Sánchez 1995). Estos sistemas en suelos degradados ayudan a hacer un mejor uso de la tierra y la integración de árboles de uso múltiple permite mayor reciclaje de nutrientes y mejores condiciones ambientales para el sistema (Serrao 1991).

*Acacia mangium* es una especie arbórea de gran adaptabilidad a suelos ácidos, crece rápidamente y contribuye al mejoramiento de algunas propiedades edáficas, debido a sus relaciones simbióticas con otros organismos y por el reciclaje de elementos como el fósforo y manganeso (Srivastava 1993; De la Cruz y Yantasath 1993; Fisher 1995). Su asocio con pasturas establecidas sobre suelos ácidos, puede contribuir en el aumento de la productividad de la pastura permitiendo una mayor diversificación y rentabilidad de las fincas ganaderas. De otro lado, *B. humidicola* es una gran gramínea forrajera de gran productividad, que presenta tolerancia a condiciones de baja precipitación y a suelos con alta saturación de aluminio y bajo nivel de fósforo (da Silva *et al.* 1992; Seiffert 1980; Vallejos 1988).

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la incorporación de *Acacia mangium*, sobre el fósforo, manganeso, lombrices y hongos endomicorrizicos en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola*.

## Metodología

### Zona de estudio

El estudio fue realizado durante 1998 en la estación experimental Calabacito del Instituto de Investigación Agropecuaria en la provincia de Veraguas, Panamá (8°5' Lat. N., 85°5' Long. O.). El área se encuentra a una altitud de 100 msnm, presenta una temperatura promedio anual de 27°C. La precipitación promedio anual es de 2500 mm, del cual el 15% se presenta entre diciembre y mayo (época seca) y el 85% entre junio y noviembre (época húmeda). La zona corresponde a Bosque subhúmedo tropical (bsh-T). El suelo es un ultisol, profundo, ácido (pH < 5.5), con drenaje regular, de material parental ígneo, pendientes entre 1 y 3%, textura arcillosa, alta concentración de aluminio intercambiable (2.5 meq 100g<sup>-1</sup> de suelo), baja capacidad de intercambio catiónico (14 meq 100g<sup>-1</sup> de suelo) y con alta capacidad de fijación de fósforo (Name *et al.* 1991).

### Area experimental

Los árboles de *A. mangium* fueron plantados en 1990 con un distanciamiento de 8 x 3 m. La pastura fue establecida con material vegetativo (2 ton estolones ha<sup>-1</sup>), incorporando 20 kg ha<sup>-1</sup> de roca fosfórica al momento de la siembra. En 1997 se raleó con el fin de establecer las densidades arbóreas en estudio.

Los tratamientos considerados fueron el monocultivo de *B. humidicola* (Nd) y el sistema silvopastoril con *A. mangium* a baja densidad (Bd, 120 árboles ha<sup>-1</sup>) y a alta densidad (Ad, 240 árboles ha<sup>-1</sup>). En total se emplearon 12 parcelas experimentales de 2000 m<sup>2</sup> cada una. Las parcelas fueron pastoreadas con una carga de 1 y 2 UA ha<sup>-1</sup> (época seca y húmeda, respectivamente) durante 3 días, con un período de descanso de 24 días.

### **Medición de la producción de hojarasca arbórea y su aporte de P y Mn**

La producción de hojarasca se estimó antes del pastoreo, utilizando la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw 1975). Las muestras se tomaron haciendo transectos bajo de la copa (1 m de distancia del fuste) y fuera de la copa (4m de distancia del fuste); asegurando así estar bajo el radio de la copa y fuera de ésta (Alder y Synnott 1992). Las distancias se midieron en dirección perpendicular a la hilera de árboles.

El contenido de P y Mn en la hojarasca de *A. mangium* se determinó con el método de digestión húmeda con mezcla de ácidos nitro-perclórico, 5:1, realizando la lectura por colorimetría (Henríquez *et al.* 1995). Para estimar el aporte de la hojarasca, se calculó el producto entre la deposición de hojarasca y la concentración de estos nutrientes en ella.

### **Determinación de P y Mn en el suelo**

En los sistemas con *A. mangium* se tomaron muestras con barreno a 15 cm de profundidad, para ello se seleccionaron al azar cuatro árboles por parcela. Alrededor de cada árbol se ubicaron aleatoriamente los puntos para muestreo, correspondiente a bajo (Bcopa) y fuera de la copa (Fcopa). Para el monocultivo se escogieron al azar cuatro puntos y de éstos se formó una muestra compuesta.

El P disponible (Pdispo) fue determinado con el método de Olsen modificado, el P orgánico (Porga) con el de ignición y extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.5 M) y el P total (P total) por digestión con HClO<sub>4</sub>; todos los extractos fueron analizados por colorimetría. El contenido de manganeso se determinó con el extracto de Olsen modificado y la lectura se realizó con el espectrofotómetro de absorción atómica.

El diseño experimental fue irrestricto al azar con parcela dividida, donde las parcelas principales fueron el sistema (monocultivo, 120 y 240 árboles ha<sup>-1</sup>) y las subparcelas la época (seca y lluviosa).

### **Contenido de P foliar en *B. humidicola***

Antes de cada pastoreo se determinó la productividad de la pastura, con la técnica de doble muestre (Haydock y Shaw 1975). La cuantificación del contenido de P foliar en *B. Humidicola* se realizó por el método de digestión húmeda con mezcla de ácidos nitro-perclórico (Henríquez *et al.* 1995).

### **Población de hongos endomicorrizicos**

La población de hongos endomicorrizicos se cuantificó mediante muestreos a 15 cm de profundidad, y calculando la abundancia relativa de esporas, mediante la técnica de Jenkins, modificada por Walker (1983). Los muestreos se realizaron en la época seca y en la lluviosa.

Los puntos de muestreo se seleccionaron de igual forma que en el muestreo de suelos y mediante un marco metálico (0.5 x 0.5 m) se tomaron las muestras a 15 cm de profundidad (Anderson e Ingram 1993). El área fue limpiada sin disturbar la superficie del suelo, el bloque de suelo fue removido con una pala y ubicado sobre plástico, allí se extrajeron y se contaron manualmente las lombrices (población). La determinación de biomasa se realizó mediante la recolección de los individuos en frascos de vidrio con suelo y sellados con parafina, luego transportados en hielera al laboratorio (Tropical Soil Biology and Fertility Programme 1989; Fraile 1989).

El diseño utilizado fue un irrestricto al azar con parcela subdividida, donde las parcelas principales fueron el sistema, las subparcelas la influencia de la copa (dentro y fuera), y las subsubparcelas la época.

## Resultados

### Producción de hojarasca *A. mangium*, concentración y aporte de P y Mn

La producción de hojarasca presentó diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) debido al efecto del sistema y la época. La producción más alta se observó en el sistema Ad y en la época húmeda. Se detectaron interacciones significativas ( $p < 0.05$ ) entre posición respecto a la copa y la época; siendo 27% más alta en el sistema Ad que en el Bd para la época seca, y 10 % más alto durante la época húmeda (Figura 1).

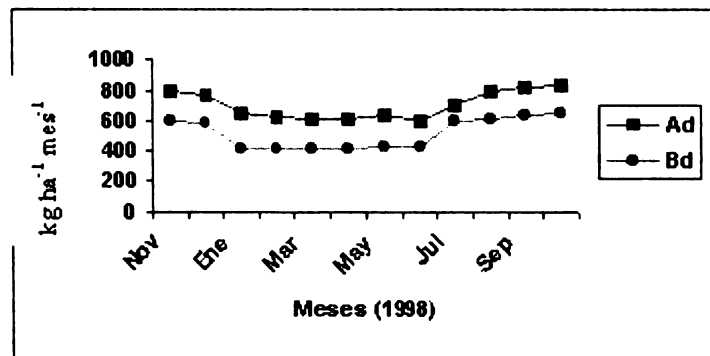


Figura 1. Aporte de hojarasca de *A. mangium* en un sistema silvopastoril con dos densidades arbóreas (Bd y Ad: 120 y 240 árboles ha<sup>-1</sup>). Panamá, 1998

La producción anual de hojarasca en el sistema Ad fue superior un 40% que el Bd (8481 vs 6058 kg M ha<sup>-1</sup>). Los aportes de P y Mn por la hojarasca fueron mayores en Ad que en Bd (6.90 vs 4.85; 6.96 vs 4.97 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Tabla 1. Producción anual de hojarasca y aporte de P y Mn para dos densidades de *A. mangium*. Veraguas, Panamá, 1998

Sistema	Producción de hojarasca (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Fósforo	Manganeso
		Concentración	
		0.08 %	820.2 ppm
		Aporte (kg ha <sup>-1</sup> )	

Bd	6058 a*	4.85a	4.97c
Ad	8481 b	6.90b	6.96b

\* medias en la misma columna con distinta letra, son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ )

### Contenido de P en el suelo

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre épocas, pero sí entre sistemas. El P total fue significativamente diferente ( $p < 0.01$ ) en la época húmeda, siendo superior en Ad que en Bd y en Nd (292 vs. 253 vs. 232  $\text{mg l}^{-1}$ ). El P orgánico presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la época húmeda, presentándose un valor mayor para el sistema de Ad, con respecto a Bd y Nd (99.4 vs. 92.2 vs. 80.22  $\text{mg l}^{-1}$ ). Los sistemas influyeron de manera diferente ( $p < 0.01$ ) sobre el P disponible, en los meses húmedos, en el cual el más alto se encontró en el sistema Ad que en el Bd y en Nd (4.45 vs 3.77 vs 2.65  $\text{mg l}^{-1}$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto de los sistemas sobre el contenido de P total, orgánico y disponible en el suelo, Veraguas, Panamá, 1998.

Fósforo ( $\text{mg l}^{-1}$ )	Epoca	Sistema		
		Monocultivo Nd	Baja densidad Bd	Alta densidad Ad
Total	Seca	2.29 a <sup>1</sup>	2.17 a	2.36 a
	Húmeda	2.32 c	2.53 b	2.92 a
Orgánico	Seca	80 a	81 a	85 a
	Húmeda	81 b	92 a	99 a
Disponible	Seca	1.7 a	1.7 a	1.6 a
	Húmeda	2.7 c	3.8 b	4.5 a

<sup>1</sup> Medias en la misma fila con la misma letra, son iguales estadísticamente ( $p < 0.05$ )

En la época húmeda, el P total, orgánico y disponible fue mayor bajo la influencia de la copa que fuera de ella (290.69 vs. 254.14; 98.73 vs. 92.87; 4.38 vs. 3.86  $\text{mg l}^{-1}$ , respectivamente) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Efecto de la copa de *Acacia mangium* sobre el contenido de P total, orgánico y disponible en el suelo, Veraguas, Panamá, 1998.

Fósforo ( $\text{mg l}^{-1}$ )	Epoca	Posición	
		Bajo	Fuera
Total	Seca	2.25 a	2.28 a
	Húmeda	2.91 a	2.54 b

Orgánico	Seca	83 a	83 a
	Húmeda	100 a	93 b
Disponible	Seca	1.6 a	1.6 a
	Húmeda	4.3 a	3.9 b

<sup>1</sup> Medias en la misma fila con distinta letra son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ )

#### Contenido de Mn en el suelo

En la época húmeda los sistemas afectaron significativamente ( $p < 0.01$ ) el contenido de Mn en el suelo, encontrándose que bajo la copa de *A. mangium* la concentración de Mn fue mayor, que fuera de la copa y que el monocultivo (828.12 vs. 282.57 vs. 88.32 mg l<sup>-1</sup>) (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto del sistema sobre el contenido de Mn en el suelo en la época húmeda. Veraguas, Panamá, 1998.

Manganeso (mg l <sup>-1</sup> )	Monocultivo de <i>B. humidicola</i> (Nd)	Sistema silvopastoril con <i>A. mangium</i>	
		Bcopa	Fcopa
Promedio	88.32 c <sup>1</sup>	828.12 a	282.57 b
Desv. Estandar	26.31	73.55	23.63

<sup>1</sup> Medias en la misma fila con la misma letra son iguales estadísticamente ( $p < 0.01$ )

#### Contenido de P foliar en *B. humidicola*

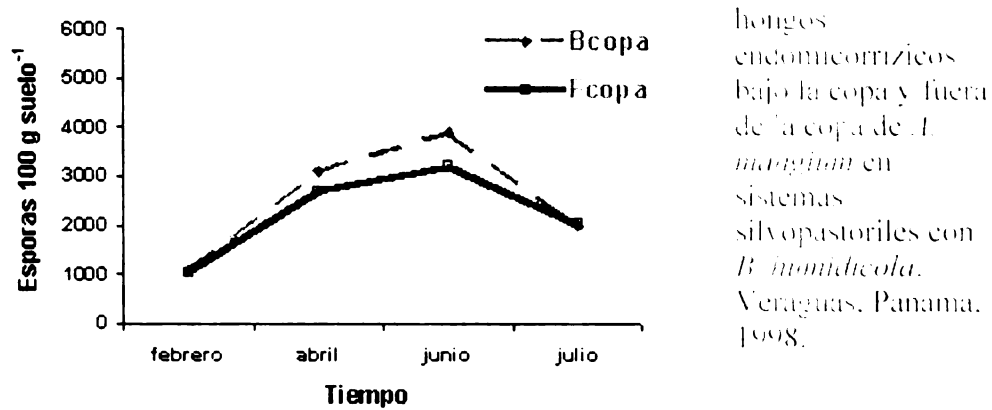
La concentración de fósforo en el forraje de *B. humidicola* fue mayor ( $p < 0.01$ ) en la época húmeda que en la seca (0.166 vs. 0.113%). Sin embargo, la ubicación con respecto a la copa no tuvo efecto ( $p > 0.05$ ).

#### Población de lombrices y hongos endomicorrizicos

El sistema afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) la humedad en el suelo durante la época lluviosa, encontrándose mayor contenido de humedad en el sistema Ad que en Bd y Nd (31.92 vs. 31.44 vs. 27.61 %).

Mayor humedad en el suelo bajo el efecto de los árboles favoreció la población de hongos micorrizicos y lombrices. Durante los meses húmedos (junio y julio) la población de hongos endomicorrizicos en el sistema Ad superó al Bd en un 79 %.

Figura 2. Dinámica poblacional de



hongos  
endomycorrizicos  
bajo la copa y fuera  
de la copa de *A.  
mangium* en  
sistemas  
silvopastoriles con  
*B. humidicola*.  
Veraguas, Panama.  
1998.

No se encontraron diferencias ( $p > 0.05$ ) en la población de lombrices entre sistemas para la época seca (1 individuo  $m^{-2}$ ). En el período lluvioso (julio) la población y la biomasa seca de lombrices en el sistema Ad fue mayor que en Bd (54 vs. 11 individuos  $m^{-2}$ ; 26.15 vs. 8.1 kg MS  $ha^{-1}$ , respectivamente). Aunque no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en población de lombrices bajo y fuera de la copa, a partir de abril siempre fue superior bajo la influencia de la copa.

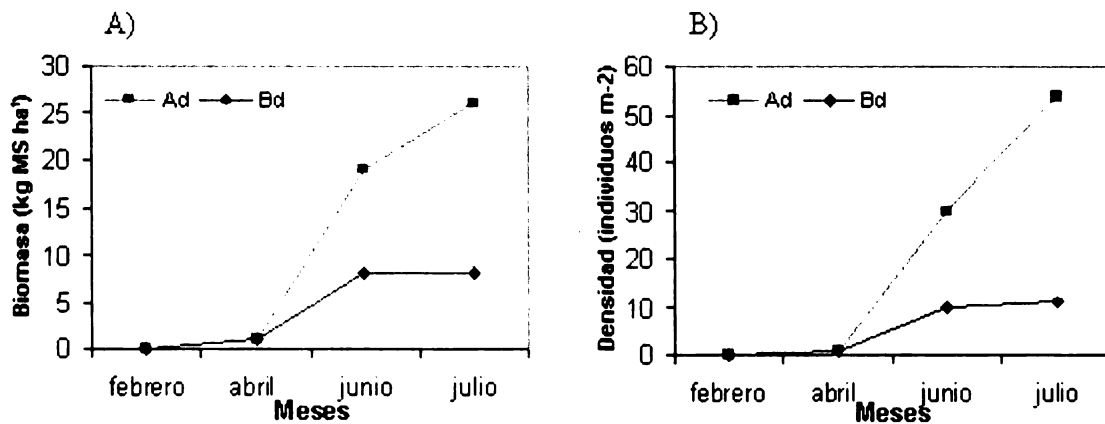


Figura 3. Biomasa (A) y densidad poblacional (B) de lombrices por sistema, en relación con la época seca y húmeda. Veraguas, Panamá. 1998.

### Discusión

La producción de hojarasca bajo la copa se ve grandemente favorecida al aumentar la densidad arbórea y la humedad ambiental. Tsai (1992) estimó la producción de hojarasca de *A. mangium* de 4 años de edad en 6000 kg MS  $ha^{-1} año^{-1}$ , que coincide con lo encontrado en el presente estudio, donde fue 6058 y 8481 kg MS  $ha^{-1} año^{-1}$  para Bd y Ad, respectivamente.

El mayor aporte de P por parte de hojarasca en el sistema de Ad tuvo un efecto positivo en las diferentes fracciones de P edáfico. Lo anterior concuerda con los resultados de Fisher (1995), quien encontró incrementos de P disponible con *A. mangium* en los primeros 15 cm de profundidad del suelo. Este

aporte de P tiene gran importancia, si se tiene en cuenta las bajas concentraciones del elemento que presentan suelos oxisoles y ultisoles, constituyéndose una limitante para la producción forrajera de trópico (Sánchez y Salinas 1981).

En la época húmeda el contenido de P disponible en el suelo fue mayor, lo cual facilitó su absorción por las plantas, observándose un incremento en la concentración foliar del nutrimento en la pastura. El contenido de P bajo la copa fue mayor que fuera de ella; este resultado fue similar al obtenido por Kamara y Haque (1992), quienes encontraron mayores concentraciones de P bajo la influencia de la copa de *A. albida* en un suelo vertisol.

Bui *et al.* (1992) en estudios de degradabilidad de forraje de *A. mangium*, muestran una lenta degradación de la materia seca en el rumen de ganado bovino (27.3% de MS, 48 h después de ingerida), lo cual puede sugerir una lenta tasa de descomposición de la hojarasca en el campo. Esto podría beneficiar la toma de P por las plantas, ya que su mineralización sería más lenta y evitaría que una parte se fijara en los coloides del suelo. De acuerdo a los resultados de P disponible encontrados, se puede afirmar que al aumentar la densidad arbórea se incrementa la solubilidad del nutrimento.

El gran aporte de Mn por parte de la hojarasca de *A. mangium* y el aumento de su concentración en el suelo, indican que este árbol es una especie que almacena el nutrimento en sus tejidos durante la época seca, y en la húmeda lo aporta al suelo por medio de su hojarasca. En estudios realizados en el mismo experimento por Bolívar (1998), no se encontraron diferencias significativas entre sistemas en la concentración de Mn para la época seca (abril), contrario a lo encontrado en este trabajo durante los meses húmedos (noviembre).

Se encontró una relación directa entre el contenido de P en el suelo y la población de hongos endomicorrízicos; de esta forma, en la época de mayor humedad y bajo los sistemas de mayor densidad arbórea la concentración de P aumentó debido posiblemente a la mayor población micorrízica. Los resultados de densidad de esporas (157 esporas  $5\text{ g}^{-1}$  suelo) en el sistema Ad durante la época húmeda muestran la capacidad del sistema para establecer relaciones simbióticas con hongos, a esto se le suma la capacidad de la *B. humidicola* a ser colonizada por dichos organismos (Howeler *et al.* 1987).

El número de esporas bajo la copa fue mayor que fuera de ella, sin embargo, no se presentaron diferencias significativas, este incremento puede ser el resultado de la elevación del pH bajo la copa en la época húmeda. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en *Cedrela sp.*, en donde bajo la copa se encontró mayor actividad de la microflora y microfauna, incluyendo hongos micorrízicos (Mecinas *et al.* 1991). Estudios realizados por Habte y Soedarjo (1996) en suelos oxisoles ricos en Mn y con pH entre 4.3 y 6, encontraron un mejor crecimiento de *A. mangium* cuando se incrementó el pH de 4.3 a 5, favoreciendo la colonización de hongos.

Esquivel (1997), en un estudio en la Zona Atlántica de Costa Rica, observó que sistemas con componentes leñosos (*Erythrina berteroana* y *Gliricidia sepium*) presentaron una población de lombrices superior en 13% a aquellos de monocultivo de *B. brizantha*. Estos resultados concuerdan con la mayor densidad poblacional de lombrices encontrada en los sistemas de Ad. El significativo incremento en la población de lombrices en la época húmeda muestra la sensibilidad de dichos organismos a cambios ambientales en el suelo; al igual que lo encontrado por Esquivel (1997), quien afirma que de acuerdo a dichas condiciones se determina el número y radio de acción.

## Conclusiones



En la producción de hojarasca y el aporte de nutrimentos, el sistema de alta densidad arbórea present los mejores resultados entre los sistemas evaluados. La concentración de fósforo foliar en *B. humidicola* mostró mayores contenidos en el sistema silvopastoril que en el monocultivo. Mejoramientos en las condiciones microambientales, que se generan con la incorporación de los árboles al sistema, favoreci la actividad de lombrices y hongos endomicorrízicos.

Al no presentarse diferencias, entre ubicación respecto a la copa, para algunas de las variables, se puede afirmar que los árboles tienen un efecto más de allá del área de influencia de su copa. Esto es de gra importancia, en el diseño de sistemas silvopastoriles, ya que con la incorporación de árboles a baja densidades se podrían generar efectos positivos en el sistema.

En la medida en que los sistemas presenten mayor densidad arbórea, se generan beneficios en la producción de hojarasca, aporte de nutrientes a través de ella (P y Mn), mejoramiento de condiciones ambientales edáficas (humedad y pH), que a su vez favorecen la actividad microbiológica. Este tipo de sistemas establecidos en suelos con limitantes químicas, puede ser una opción viable en la búsqueda de alternativas más productivas y ambientalmente sostenibles.

## Referencias

- Alder, D.; Synnott, T.J. 1992. Permanent Sample Plot Techniques for Mixed Tropical Forest. England, University of Oxford p. 8-9, 69, 82, 86.
- Anderson, T.H.; Ingram, J.S.I. 1993. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. Wallingford, U.K.C.A.B. International. 221 p.
- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación costarricense de la ciencia del suelo. San José. Costa Rica. 157 pp.
- Bolivar, V.D.M. 1998. Contribución de *Acacia mangium* al mejoramiento de la calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. 97 p.
- Bui, A.X; Luu, H.T. Doing, K.N.; Preston, T.R. 1992. Effect of position in the tree and pretreatment of *Acacia mangium* leaves on rumen dry matter and nitrogen degradabilities. Livestock Research for Rural Development 4(2): s/p.
- Coleman, D.C. 1986. The role of microbial and fauna interactions in affecting soil processes. In: Microflora and fauna interactions in natural and agroecosystems. M. J. Mitchel; J. P. Naskas (Eds.). Dordrecht, Netherlands. M. Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. P. 317-348.
- Cruz, De La R.E.; Yantasath, K. 1993. Symbiotic associations. In: *Acacia mangium* Growing and Utilization. Eds. K. Awang y D. Taylor. Bangkok, Tailandia. P. 101-111.
- Cuervo, J.; Rivas, P.G.G. 1997. Hoja técnica: Micorrizas. MIP-CATIE. 20:i-iv.
- Da Silva, S.A.P.; Dutra, S.; Serrao, E.A.S. 1992. Productividades estacional e composição química de *Brachiaria humidicola* e pastagem nativa de Campo Cerrado do Estado do Amapá, Brasil. Pasturas Tropicales 14(1): 11-16.
- Esquivel, Q.J.O. 1997. Efecto del componente arbóreo de un sistema silvopastoril sobre la distribución espacial de nutrientes, biomasa microbial y densidad de lombrices en un suelo bajo pastoreo, en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Costa Rica. 65 p.

Fisher, R.F. 1995. Amelioration of degraded Rain Forest soils by plantations of native trees. Soil Science Society American Journal. 59: 544-549.

Fraile, M.J. 1989. Poblaciones de lombrices de tierra (*Oligochaeta:annelidae*) en una pastura de *Cynodon plectostachyus* (pasto estrella) asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* (poró), una pastura asociada con *Cordia alliodora* (laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Costa Rica. 236 p.

Habte, M.; Soedarjo, M. 1996. Response of *Acacia mangium* to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation, soil Ph, and soil P concentration in an Oxisol. Canadian Journal of Botany 74: 155-161.

Haydock, K.P.; Shaw, N.H. 1975. The comparative method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandary 15: 169-171.

Henríquez, C.; Bertsch, F.; Salas, R. 1995. Fertilidad de suelos, Manual de Laboratorio. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, C.R. 64 p.

Howeler, R.H.; Sieverding, E.; Saif, S. 1987. Practical aspects of micorrhizal technology in some tropical crops and pastures. Plant and Soils 100: 249-283.

Kamara, C.S.; Haque, I. 1992. *Faidherbia albida* and its effects on Ethiopian highland Vertisols. Agroforestry Systems 18: 17-29.

Mecinas, L.J.; Door, R.C.; Chung, M.A.; Moreno, D.P. 1991. Micorrizas en tres especies forestales de la amazonía Peruana. Revista Forestal del Perú 18 (2): 29-43.

Name, B.Y.; Smyth, T.J.; Márquez. 1991. Dinámica del potasio en un Ultisol de Panamá. Ciencia Agropecuaria 7: 9-23.

Sánchez, P.A.; Salinas, J.S. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical america. Advances in Agronomy 34: 279-398.

Seiffert, N.F. 1980. Gramíneas forrageiras do género *Brachiaria*. EMBRAPA-CNPQC, Campo Grande, MS., Brasil Circular Técnica No. 1. 83 p.

Serrao, E.A.S. 1991. Sustainability of pastures replacing forests in the Latin America humid tropics: The Brazilian Experience. Paper presented at the DESFIL humid tropical lowlands conference held in Panamá City, June 17-21. 26 p.

Sieverding, E; Sanchez, M; Bravo, N. 1989. Investigaciones sobre micorrizas en Colombia. Facultad de ciencias agrónomas, Universidad nacional de Colombia. 275 pp.

Srivastava, P.B.L. 1993. Silvicultural practices. *Acacia mangium* Growing and Utilization. Eds. K. Awang y D. Taylor. Bangkok, Tailandia. P. 113-128.

Toledo, J.M. 1982. Objetivos y organización de la red internacional de pastos tropicales In: Manual para la evaluación de pastos tropicales. Cali, Colombia, CIAT. Pp 13-21.

Tropical Soil Biology and Fertility Programme. 1989. TSBF methods handbook. De. By J.M. Anderson; J.S.I. Ingram. S.I., IUBS, UNESCO-MAB. 171 p.

Tsai, L.M. 1992. Research on growth and yield, litter production, and nutrient cycling in acacias. In Tropical acacias in East Asia and the Pacific: Proceeding. K. Awang and D. Taylor. Bangkok, Tailandia (Eds.). Winrock International/FAO. p. 72-75.

Vallejos, A. 1988. Caracterización y evaluación agrónómica preliminar de accesiones de *Brachiaria* y *Panicum*

en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 126 p.

Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonacea: spore wall characteristics in species descriptions. *Micotaxon* 18: 433-455.