

# EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y EL DESARROLLO DE ESPECIES FORESTALES EN UNA ASOCIACIÓN DE ÁRBOLES CON FINES AGROSILVOPASTORILES EN EL SOMBRERO, ESTADO GUÁRICO

***J. Silvera<sup>1</sup>; A. Florentino<sup>1</sup>; A. Ospina<sup>1</sup> y E. Andreu<sup>2</sup>***

*(<sup>1</sup>Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV, Maracay; (<sup>2</sup> Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallego, San Juan de los Morros, Venezuela.*

*E-mail: [silverajhonnell@gmail.com](mailto:silverajhonnell@gmail.com) ; [florentinoa@agr.ucv.ve](mailto:florentinoa@agr.ucv.ve); [ospinaa@agr.ucv.ve](mailto:ospinaa@agr.ucv.ve) ; [ernesto.andreu@gmail.com](mailto:ernesto.andreu@gmail.com)*

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertilización inicial sobre las propiedades físicas del suelo y el desarrollo de tres especies de árboles asociados, con fines agrosilvopastoriles.. El diseño experimental fue de bloques al azar con 2 repeticiones y 5 tratamientos: testigo(T1), fertilizante químico(T2), fertilizante químico+cal(T3), compost(T4) y compost+fertilizante químico(T5), y las especies fueron: *Tabebuia rosea*, *Tectona grandis* y *Samanea saman*. En cada tratamiento se tomaron muestras de suelo disturbadas y no disturbadas, a tres profundidades, en una planta por especie. Se evaluó: Materia orgánica (MO), distribución de tamaño de partículas (DTP), densidad aparente (Da), porosidad total (EPT), macro y microporos (MIPo), conductividad hidráulica saturada (Ks) y macroagregados estables (Mac-EA). Se encontró un mayor desarrollo de las plantas en los tratamientos con fertilización orgánica. La calidad física del suelo resultó de baja a muy baja, siendo la capa superficial la que presentó las mejores condiciones.

Palabras claves: Calidad de suelo, Fertilización orgánica, Apamate, Teca, Samán.

## INTRODUCCIÓN

El uso inadecuado de los recursos naturales trae consigo la degradación del ambiente, en general, la disminución de la productividad de los sistemas agrícolas, la pérdida de los nutrientes en el suelo y la degradación física y química del suelo, en particular. El uso agropecuario, así como el manejo de los suelos, utilizado en los Llanos Centrales de Venezuela está directamente relacionado con la productividad y la sostenibilidad de los diferentes sistemas de producción, que en su mayoría son de un uso intensivo y, en pocos casos conservacionista, donde la intensidad de uso del recurso suelo ha sido muy alta, generando la pérdida de su capacidad productiva debido a procesos de degradación física, química y biológica. En este sentido, los sistemas agrosilvopastoriles constituyen una alternativa de uso y manejo del recurso suelo, viable para aumentar la biodiversidad y contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Uno de los principales retos para establecer sistemas agrosilvopastoriles sostenibles es obtener productos de alta calidad sin causar perjuicios al ambiente, mediante la utilización de enmiendas orgánicas e inorgánicas aplicadas al suelo, como fuente de nutrientes para las plantas y mejoradoras de las propiedades físicas y químicas de los suelos (Montilla, 1998). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización inicial sobre las propiedades físicas del suelo y el desarrollo de las plantas, de tres especies de árboles

asociados, de dos años de edad, con fines agrosilvopastoriles, en la Finca “Las Guacamayas”, El Sombrero, estado Guárico

### MATERIALES Y MÉTODOS.

El sitio de estudio está localizado en la Finca “Las Guacamayas”, ubicada en la carretera El Sombrero-El Calvario del estado Guárico. Ubicación UTM: 1.005.675,938 N; 721.656,028 E. Está dentro de la zona de bosque seco tropical, con una altura media de 130 msnm, precipitación total anual promedio de 1.127mm, ETP 1800 mm/año y la temperatura media anual de 27 °C (Bravo y Andreu, 1995), donde existen bosques deforestados planos, vegetación arbórea de sabana y herbácea, y donde abunda también el árbol emblemático de esta zona, la Palma llanera (*Copernicia tectorum*). El sistema de producción principal en la zona es el agropecuario, con cultivo de maíz, sorgo y pasto (natural e introducido), con algunos cultivos de producción a menor escala tales como el melón y algunas hortalizas (cebolla, pimentón, ají), bajo un manejo convencional de los cultivos y pastoreo de animales bovinos de doble propósito.

El diseño experimental fue de bloques al azar con 2 repeticiones y 5 tratamientos por repetición, a saber: testigo (T1), fertilizante químico (T2), fertilizante químico + cal (T3), compost (T4) y compost + fertilizante químico (T5), y la siembra de las especies de árboles Apamate, Teca y Samán (4 *Tabebuia rosea*, 4 *Tectona grandis* y *Samanea samán*) respectivamente, para un total de 90 plantas distribuidas según se muestra en la Figura 1.

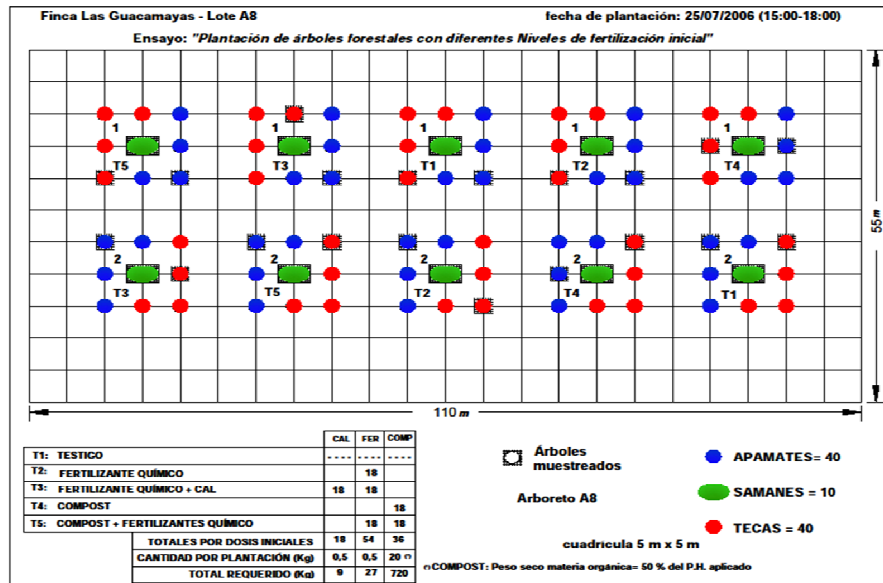


Figura 1: Diseño del experimento y distribución de los tratamientos y especies agroforestales evaluadas..

Tanto al momento de la siembra (Julio 2006) como a los dos (2) años, correspondiente a este trabajo (Julio 2008), se tomaron muestras de suelo disturbadas y no disturbadas a tres profundidades (0-5 cm, 5-25 cm y 25-50 cm) y se evaluaron las siguientes propiedades: Materia orgánica (MO) según la metodología de Walkley – Black por óxido-reducción, y espectrofotometría UV, utilizada por el laboratorio General de suelos de UCV-Instituto de Edafología (1993). La distribución de tamaño de partículas, densidad aparente, porosidad total, macro y microporos, conductividad hidráulica

saturada y estabilidad de los agregados al agua (macroagregados  $> 250 \mu\text{m}$ ), según la metodología descrita por Pla (1983). Se calculó la relación MIPo/EPT como un índice de capacidad de almacenamiento de agua relativa.

Para los análisis estadísticos realizados (estadística descriptiva, prueba de normalidad, análisis de varianza y prueba de media) se utilizó el programa InfoStat, versión 1.1 (Infostat, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la distribución de tamaño de partículas (DTP) y textura del suelo se encontró que la variación en el contenido de las diferentes fracciones granulométricas (arcilla, limo y arena) de este suelo, correspondiente a los diferentes tratamientos, es mayor entre capas, aunque las clases texturales son similares (areno-francosa a franco-arenosa). El contenido de la fracción arcilla, es variable (2 – 17 %) principalmente en profundidad; aunque la variación entre tratamientos no es estadísticamente significativa ( $p>0,05$ ). En general, la variación significativa prevalece en cuanto a la profundidad. En relación al contenido de limo, éste es poco variable (19 – 30 %) y la fracción arena, que es predominante, alcanza valores entre 55–78%. La arena muy fina se encuentra en mayor porcentaje, con una media entre los tratamiento de 47,89 %, lo que representa casi el 50 % del total de arena, que junto al limo, le confieren a este suelo una gran susceptibilidad a la erosión; luego le sigue la arena fina, y muy poco de arena media, gruesa y muy gruesa. La clase textural también es poco variable, predominando la textura franco-arenosa (Fa) en la mayoría de los tratamientos, con cambios hacia areno-francosa (aF), principalmente en la capa de 0-5 cm (Silvera, 2009).

En cuanto a las demás propiedades físicas, los resultados se presentan en el Cuadro 1 para cada tratamiento y las especies estudiadas. Para estos suelos con texturas aF-Fa en todo el perfil, es importante la relación MiPo/EPT (Florentino y López, 2009), ya que, un incremento moderado en la microporosidad en relación a la porosidad total, puede ser beneficioso para un mejor desarrollo de las plantas al disminuir la velocidad de flujo de agua en el perfil. Así mismo, se puede observar que, bajo cultivo de Teca, los contenidos de MO en la capa de 0-5 cm son levemente superiores que en Apamate y éstos muy superiores a los de Samán, debido posiblemente a un menor aporte de biomasa vegetal al suelo superficial y una mayor tasa de mineralización en el caso del Samán. Sadeghian, (1998) señala que los suelos ricos en MO son menos susceptibles a la compactación, presentan mayor estabilidad estructural y mayor diámetro medio ponderado de los agregados. El incremento de la Da en la segunda capa, refleja una disminución de la Ks, la primera capa presenta la mayor estabilidad.

En general, los valores de Da de los suelos bajo los tres cultivos muestran un nivel de degradación desde moderado a muy alto (según Florentino, 1998), asociado a la distribución de tamaño de partículas en la fracción arena, donde predominan las arenas muy finas y finas, que permiten un nivel de organización y empaquetamiento de partículas tal, que hace que los valores de Da sean relativamente altos para estas clases texturales (aF, Fa). Sin embargo, se ha encontrado (Román, 1990) que en suelos con muy altos contenidos de arena, un cierto nivel de compactación puede ser deseable para incrementar la microporosidad, disminuir la tasa de percolación y aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo.

Cuadro 1. Variables físicas medidas por tratamiento. Apamate (A). Teca (T). Samán (S).

Trat	Prof. (cm)	Materia Orgánica (%)	Materia Orgánica (%)	Materia Orgánica (%)	Da (Mg.m <sup>-4</sup> )	Da (Mg.m <sup>-4</sup> )	Da (Mg.m <sup>-4</sup> )	Ksat (cm.h <sup>-1</sup> )	Ksat (cm.h <sup>-1</sup> )	Ksat (cm.h <sup>-1</sup> )	MIPo/EPT (%)	MIPo/EPT (%)	MIPo/EPT (%)	Mac-EA (%)	Mac-EA (%)	Mac-EA (%)
		A	T	S	A	T	S	A	T	S	A	T	S	A	T	S
T1	0-5	1,50 a	1,39 a	1,30 a	1,49 a	1,41 a	1,48 a	1,15 a	1,91 a	0,82 a	0,63 a	0,73 a	0,69 a	35,63 b	23,4 a	29,38 a
	5-25	1,01 a	1,40 a	0,76 a	1,71 d	1,67 c	1,70 d	0,23 a	0,35 a	0,16 a	0,71 a	0,79 a	0,71 a	13,97 a	7,49 a	5,66 a
	25-50	0,87 a	1,60 a	0,65 a	1,63 b	1,69 d	1,68 c	0,49 a	0,22 a	0,49 a	0,64 a	0,8 a	0,69 a	15,31 a	6,92 a	12,0 a
T2	0-5	1,44 a	1,43 c	1,03 a	1,46 a	1,52 a	1,44 a	1,23 a	1,59 a	2,00 a	0,59 a	0,67 a	0,63 a	29,66 a	21,02 a	28,04 a
	5-25	1,08 a	1,77 e	0,66 a	1,7 d	1,58 a	1,67 c	0,3 a	0,87 a	0,87 a	0,71 a	0,72 a	0,72 a	16,61 a	12,48 a	9,70 a
	25-50	0,93 a	1,27 a	0,52 a	1,64 b	1,58 a	1,62 b	0,34 a	1,16 a	1,03 a	0,66 a	0,65 a	0,67 a	18,37 a	24,78 a	17,54 a
T3	0-5	2,06 d	2,84 g	0,93 a	1,56 a	1,51 a	1,48 a	0,58 a	2,76 a	0,13 a	0,69 a	0,8 a	0,79 a	37,98 d	30,15 a	28,75 a
	5-25	1,04 a	1,90 d	0,75 a	1,65 b	1,68 c	1,65 b	0,29 a	2,11 a	1,05 a	0,66 a	0,79 a	0,67 a	7,59 a	6,10 a	14,97 a
	25-50	0,73 a	0,67 a	0,42 a	1,67 c	1,58 a	1,57 a	0,96 a	2,66 a	1,25 a	0,66 a	0,81 a	0,62 a	13,89 a	6,19 a	13,81 a
T4	0-5	1,24 a	1,49 a	1,09 a	1,49 a	1,65 b	1,48 a	2,47 a	4,92 a	2,57 a	0,56 a	0,79 a	0,61 a	25,55 a	39,74 a	20,85 a
	5-25	0,76 a	1,28 a	0,54 a	1,69 d	1,75 f	1,73 e	0,55 a	1,26 a	0,16 a	0,67 a	0,8 a	0,73 a	8,5 a	10,26 a	9,89 a
	25-50	0,94 a	0,81 a	0,59 a	1,58 a	1,52 a	1,64 b	0,96 a	3,69 a	0,75 a	0,63 a	0,75 a	0,63 a	24,14 a	8,98 a	7,31 a
T5	0-5	2,79 a	2,34 f	1,91 a	1,47 a	1,36 a	1,48 a	1,5 a	1,07 a	0,85 a	0,63 a	0,8 a	0,71 a	42,99 g	36,52 c	40,25 f
	5-25	1,22 a	2,05 d	1,09 a	1,68 c	1,61 b	1,65 b	1,07 a	0,62 a	0,46 a	0,67 a	0,78 a	0,71 a	20,09 a	12,30 a	6,00 a
	25-50	1,02 a	1,80 b	0,75 a	1,71 d	1,66 c	1,56 a	0,33 a	0,44 a	2,10 a	0,70 a	0,77 a	0,66 a	12,63 a	16,92 a	19,22 a

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

En cuanto a la estabilidad de los MacAE (>250  $\mu\text{m}$ ) en Apamate, se pueden observar diferencias con la profundidad, la primera capa es la que presenta mayor estabilidad, la segunda capa tiene el menor valor de estabilidad para todos los tratamientos y en la tercera capa ésta aumenta. En Apamate, en T5 se observa el mayor valor de estabilidad en el perfil, con 28,1%, 20,09% y 21,67% en la primera, segunda y tercera capa respectivamente. En Teca se observa un comportamiento similar.

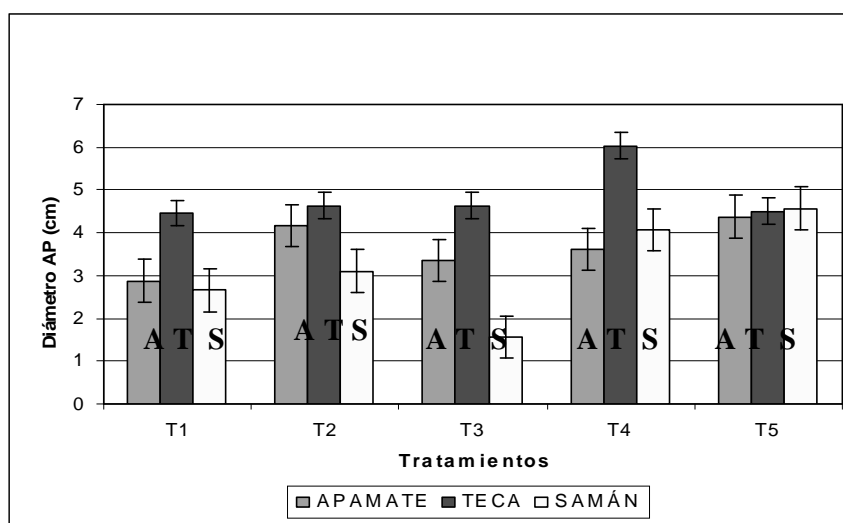


Figura 2: Diámetro altura de pecho (130 cm) de las diferentes especies evaluadas. En relación al DAP (Figura 2), medido a los 130 cm de la base, destaca que, en Apamate, es el T5 el que muestra el mayor grosor, seguido de T2, mientras que en Teca

es T4>T3 y en Samán T5>T4. Los menores valores se encontraron en T1 para Apamate y Teca y en T3 para Samán. Se destaca que fue la fertilización orgánica inicial (T4 y T5) la que generó la mejor respuesta de estas especies, expresada como DAP.

### CONCLUSIONES

- Se encontró que la calidad física del suelo es de baja a muy baja, siendo la capa superficial (0-5 cm) la que presentó las mejores condiciones.
- El contenido de MO en el suelo, después de dos (2) años de siembra y fertilización de las tres especies de árboles cultivados en asociación, es mayor en Teca, seguido de Apamate y significativamente menor en Samán.
- Los tratamientos con fertilización orgánica (T4 y T5) generaron mayor diámetro a altura de pecho (DAP) en Apamate T4 (3,61cm) y T5 (4,37cm), Teca T4 (6,04cm) y T5 (4,51cm) y Samán T4 (4,07cm) y T5 (4,57cm).
- En general, se encontró un mayor desarrollo de las plantas en los tratamientos con fertilización orgánica.
- En este tipo de suelo con bajo contenido de arcilla y materia orgánica, la respuesta del suelo y la dinámica de los procesos que llevan a mejorar su calidad física, producto del uso y manejo, son complejos y lentos, por lo que deberán pasar más años para poder obtener diferencias estadísticamente significativas.

*Agradecimientos: Se agradece al FONACIT por el financiamiento de esta investigación a través del Proyecto G-2002000557, realizada en el Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela y a la Finca "Las Guacamayas", por el gran apoyo brindado para realizar esta investigación.*

### BIBLIOGRAFÍA

BRAVO, C. Y ANDREU, E. (1995). Propiedades físicas y producción de maíz (*Zea mays L*) en un alfisol del estado Guárico, Venezuela, bajo dos sistemas de labranza. *Revista Venesuelos* 3(2):62-68.

FLORENTINO, A.; LÓPEZ, M. (2009). Propiedades físicas de los suelos después de cinco años con sistemas de manejo basados en principios agroecológicos. En "Informe final del Proyecto FONACIT-S1-2002000391-Evaluación de prácticas de manejo conservacionista en suelos ácidos del Municipio Espino-Guárico en un sistema de producción cereal-leguminosa". Coordinadora: M. López-INIA-CENIAP. pp. 103-120.

FLORENTINO, A. (1998). Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra; selección de indicadores: valores críticos. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 8 p.

INFOSTAT (2004). InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 318 p.

MONTILLA, I, (1998). Efectos de la asociación de cultivos y la cobertura en la producción de piña en Lara. Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del FONAIAP. 20 p.

PLA, I. (1983). Metodología para la caracterización Física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales, Rev. Fac. Agron. Alcance N° 32. Maracay (Venezuela). 90 p.

ROMÁN, D. (1990). “Efecto de capas compactadas sobre la retención de agua y nutrientes en un suelo arenoso de la mesa de Guanipa”. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, 89 p.

SADEGHIAN, S. (1998). Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Conferencia electrónica FAO-CIPAV sobre "Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica". 15 p.

SILVERA, J. (2009). Efecto de la fertilización inicial sobre la calidad física y química del suelo y el desarrollo de las plantas en una asociación de árboles con fines agrosilvopastoriles, en El Sombrero, estado Guárico. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Departamento de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, 120 p.

UCV- INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA. (1993). Métodos de análisis de suelo y planta. Cuaderno Agronomía, N° 6. 89 p.