



CONTENIDO

	Pág.
1. EDITORIAL	0
2. PABLO A. MORENO P.; JORGE A. DURÁN P. DARIO A. GARAY J. EFECTOS DE LAS SALES CCA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS EN TABLEROS DE PARTÍCULAS DE PINO CARIBE.....	1
3. WILVER CONTRERAS MIRANDA; MARY E. OWEN DE CONTRERAS; YOSTON CONTRERAS MIRANDA. DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE DISEÑO DE UN ELEMENTO ESTRUCTURAL LAMINADO, DENOMINADO CAÑALLAM, CON TIRAS DE CAÑA BRAVA (<i>Gynerium sagittatum</i>) Y ADHESIVO FENOL - FORMALDEHÍDO.....	35
4. FRANCISCO RIVAS VERGARA. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS DE CONTROL DE TORRENTES CON FINES DE PROTECCIÓN EN EL ESTADO VARGAS. VENEZUELA.....	49
5. ANGEL M. INFANTE C. SISTEMAS AGROFORESTALES Y MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO.....	79
6. JULIEN CARIMENTRAND, LEONARDO LUGO Y JOSÉ LOZADA EFECTOS INDUCIDOS EN LOS SUELOS, POR LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN EL ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA.....	101



EFFECTOS INDUCIDOS EN LOS SUELOS, POR LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN EL ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA

Julien Carimentrand, Leonardo Lugo y José Lozada ¹

RESUMEN

Las plantaciones forestales generan diferentes impactos ambientales en los lugares donde se realizan. En el caso particular del Eucalipto, algunos autores han determinado que genera una disminución en el pH y disponibilidad de nutrientes en el suelo y aumenta la compactación. Dado que este es uno de los géneros forestales más plantados en el mundo y su cultivo se está iniciando en Venezuela, el objetivo de este trabajo es determinar los impactos de este uso de la tierra, en el recurso suelo, en terrenos donde anteriormente se ejecutaban actividades agropecuarias. Metodológicamente, se evaluaron 3 calicatas en plantaciones de Eucalipto de 6 años de edad y 3 calicatas en pastizales sometidos al uso ganadero (tomado como testigo). En cada calicata se describieron la profundidad de los horizontes, el color y la estructura y se tomaron muestras entre 0-30 y 30-60 cm de profundidad para determinar la textura, el contenido de materia orgánica, el pH, el contenido de nutrientes y la compactación. Los resultados muestran que los suelos son muy ácidos, poseen bajo contenido de bases cambiables y de materia orgánica. Es decir, existe una fertilidad natural muy baja. Se encontró que solamente hubo cambios, estadísticamente significativos, para el pH y el Na que disminuyeron en la profundidad 30-60 cm. Se concluye que el Eucalipto parece estar bien adaptado a las condiciones de baja fertilidad natural y representa una opción,

¹ Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (INDEFOR), Universidad de Los Andes, vía Chorros de Milla, Mérida, Venezuela. e-mail: jolozada@forest.ula.ve

en el uso de la tierra, muy productiva. Se estima que 6 años de plantación con esta especie es muy poco tiempo para que aparezcan cambios favorables o desfavorables en el suelo, a excepción del pH y el Na. Esto indica una tendencia a que, en turnos sucesivos, el suelo se vuelva cada vez más ácido y sea necesaria una rotación de especies.

Palabras clave: Eucalipto, Impacto en el Suelo, Portuguesa.

INDUCED CHANGES IN SOIL, BECAUSE OF THE EUCALYPTUS PLANTATION IN THE PORTUGUESA STATE, VENEZUELA

ABSTRACT

The forest plantations generate different environmental impacts in the places where they are carried out. In the peculiar case of the Eucalyptus, some authors have determined that it generates a decrease in the pH and availability of nutrients in the soil and density increases. Since this is one of the forest more planted genus in the world and their cultivation is beginning in Venezuela, the objective of this work is to determine the impacts of this land use, in the soil resource, in lands where previously agricultural activities were executed carried out. Methodologically, 3 soil plots were evaluated in plantations of 6 year old Eucalyptus and 3 soil plots in grasslands subjected to cattle use (taken as control plots). In each plot the depth of the horizons, the color and the structure were described and were taken samples between 0-30 and 30-60 cm of depth to determine the texture, the content of organic matter, pH, the content of nutrients and the density. The results show that the soils are very acid, they possess low levels of changeable bases and of organic matter. That is to say, a very low natural fertility exists. It was found that there were only changes, statistically significant, for pH and Na that diminished in the depth 30-60 cm. We conclude that Eucalyptus seems to be very adapted to the conditions of low natural fertility and it represents an option, in the land use, very productive. It is considered that 6 years of plantation with this species very little time so that favorable or unfavorable changes appear in the soil, except that of pH Na. This indicates a tendency that, in successive shifts, the soil becomes more and more acid and be necessary a rotation of species.

Key words: Eucalyptus, Soil Impact, Portuguesa.

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales son una fuente importante de materia prima para la industria de pulpa para papel. De hecho, algunos consideran que esta es mejor opción que la explotación de bosques naturales. Sin embargo, la mayor parte de las plantaciones se realizan con especies de rápido crecimiento. Entre estas se destaca el Eucalipto, que posee un 10% (17.860.000 ha) del total plantado en el mundo y un 46% (4.836.000 ha) del total plantado en Sur-América (FAO, 2000).

En Venezuela, la división forestal de la empresa “SMURFIT Cartón de Venezuela” posee plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), Pino (*Pinus caribaea*) y Gmelina (*Gmelina arborea*) en los estados Lara, Portuguesa y Cojedes, con el objetivo de aportar materia prima para la fabricación de pulpa y papel en la planta procesadora de Mocarpel en el estado Yaracuy. Estas plantaciones se han establecido en áreas donde hace poco existían sabanas, pastizales o bosque semi deciduo ralo.

En total, las parcelas de Eucalipto por lo menos sufren 6 pases de maquinaria. Los terrenos a plantar se preparan de forma mecanizada con un “big-rome” (herramienta con discos) que mejora la estructura del suelo rompiendo uniformemente los terrones hasta una profundidad de 30 a 40 cm. Luego se aplica una “rastra” (con discos más pequeños) que rompe las estructuras gruesas, uniformiza la estructura superficial hasta una profundidad de 20 a 30 cm, permitiendo, además, la incorporación de restos vegetales. Posteriormente se hace un “encamellonado” que consiste en voltear someramente la tierra y acumular montículos lineales cada tres metros siguiendo la pendiente.

Después de una etapa de aplicación mecanizada de herbicidas químicos, las plantas, producidas en el vivero central de la finca El Hierro, son plantadas manualmente sobre el camellón cada tres metros, lo que hace una plantación de tres por tres. El proceso de fertilización consiste en la aplicación manual de abonos NPK (160 g) de manera puntual a cada planta, después de un mes de plantación. Esta operación se repite una vez al año hasta que el lote cumpla tres años de edad. Para mantener la plantación, se realizan pases de tractor con segadora entre las hileras, y aplicación mecanizada de herbicidas sobre el

camellón. En el caso del Eucalipto, este mantenimiento se realiza una vez el primero y el segundo año.

En muchos lugares del mundo, las plantaciones de Eucalipto han sido señaladas de perjudicar al suelo y agotar las fuentes de agua. En la mayoría de los casos, este último impacto está vinculado a la pérdida de cobertura boscosa en las nacientes de los ríos. Este no es el caso de las plantaciones evaluadas. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar los cambios inducidos en el suelo por este tipo de plantaciones.

ANTECEDENTES.

Las diferentes operaciones que implica una plantación (pases de maquinaria, fertilización) y la propia fisiología de las plantas, pueden generar cambios ambientales en las áreas donde se desarrollan estos proyectos. Zimmermann (1992) señala como impactos negativos la mayor pérdida de agua por transpiración, el cambio en el pH, agotamiento de nutrientes y cambios en la microbiología del suelo, mayor peligro de incendios, nuevos patógenos, eliminación de especies o comunidades autóctonas, contaminación por exceso de fertilizantes y monotonía del paisaje. Como efectos positivos se destacan la mayor infiltración y menor escorrentía superficial, reducción de la erosión, menor micro temperatura, mayor humedad relativa, mayor contenido de materia orgánica y mejor estructura en el suelo, nuevo hábitat para la fauna y suministro de productos secundarios para las poblaciones humanas.

El Eucalipto ha sido particularmente señalado de agotar los cauces. En efecto, FAO (1990) indica que “su crecimiento rápido hace que consuman mucha agua subterránea” y “...En las zonas pantanosas en las que el nivel freático está en la superficie o cerca de ella se han utilizado algunas especies de eucalipto para drenar el agua, que es absorbida por las raíces...” (subrayado en el presente trabajo). Conviene destacar que este género posee más de 600 especies, por lo que parece inconveniente hacer generalizaciones relacionadas con su capacidad para consumir agua y agotar cauces en regiones determinadas.

McColl y Powers (1984) indican que las actividades de plantación, mantenimiento y aprovechamiento producen una perturbación de la capa de materia orgánica y una compactación de los horizontes superficiales. Reportan que en la región del Gambier en Australia del Sur, las plantaciones extensivas que no sufren de compactación en un suelo arenoso tienen una densidad (entre 10 y 40 cm) de 1.35 g/cm³. Una densidad de 1.6 g/cm³ ocurre en suelos extremadamente compactados, y densidades de 1.48 g/cm³ son comunes en plantaciones. En suelos poco fértiles, la disponibilidad en nutrientes se reduce. Si el suelo es capaz de proveer suficiente aire, agua y nutrientes, no se notan pérdidas de rendimiento. Los suelos pobres en materia orgánica son más sensibles a la compactación, y por esto, es importante mantener un nivel de materia orgánica suficiente en el suelo durante el aprovechamiento y otras operaciones. En silvicultura, las acciones sobre el terreno son mucho menos frecuentes, por los turnos más largos, y los problemas persisten durante mucho tiempo. El tiempo para que los suelos vuelvan a un estado de compactación original es muy largo, y puede ser imposible para los suelos arenosos si no se incorpora materia orgánica. La solución más efectiva, todavía, es evitar los pases de máquinas pesadas, sobretudo en condiciones de suelos arenosos y húmedos.

Otros estudios en el West Bengal (India) mostraron que el Eucalipto disminuye el pH de los suelos. Nandi et al, (1991) obtuvieron valores de pH de 5,3 hasta 7,1 antes de las plantaciones y valores de pH de 4,8 hasta 6,4 bajo las plantaciones. Esto debe ser por los ácidos orgánicos producidos por la descomposición de la hojarasca del Eucalipto. El contenido de calcio disminuyó bajo las plantaciones; como eucalipto es una especie de alto crecimiento, estos autores suponen que la extracción de nutrientes es alta, pero la devolución mediante la materia orgánica descompuesta es baja. Por esto, el contenido de calcio disminuyó, aumentando todavía más la acidez. Igualmente, el magnesio y potasio disminuyeron, y también todas las bases intercambiables. El contenido de materia orgánica disminuyó, sobre todo en las plantaciones más viejas, e igualmente el contenido de nitrógeno.

Jaiyeoba (1996) tuvo resultados parecidos en Nigeria: una disminución de pH, una pérdida de nitrógeno y de bases intercambiables. Constató un mejoramiento de la textura del suelo: más 20 % de tierra fina y menos 10 % de arena. Esto es debido a la vegetación bien densa y a la hojarasca que protegen

el suelo de las lluvias fuertes que tienen un efecto erosivo, y que también recuperan los sedimentos finos cargados por las aguas superficiales a través del sitio. Por el contrario, constató un aumento de materia orgánica de 35 %, comparando con un suelo sin cobertura arbórea. Además, señala que la escorrentía superficial bajo eucalipto es muy alta. En efecto, parece que el sotobosque en las plantaciones de eucalipto es muy poco desarrollado, por los efectos alelopáticos del eucalipto y la competencia entre raíces. Además, la materia orgánica es muy fina, por los aportes de los árboles que son bajos, y porque esta capa se descompone fácilmente.

Jha et al, (1996) hicieron estudios en Uttar Praddesh, India, comparando el estado de un suelo bajo plantaciones de diferentes edades con el suelo de un bosque natural muy cercano de *Shorea robusta*. Mostraron que el contenido de materia orgánica y de nutrientes aumenta durante los cinco primeros años, por la descomposición de la materia orgánica dejada al suelo durante el aprovechamiento pasado. Esta descomposición es rápida y fácil porque los árboles jóvenes dejan pasar la luz y calentar el suelo. En los años siguientes, los valores disminuyeron, por el alto crecimiento de los árboles, y porque los aportes de materia orgánica son bajos y ya toda la materia orgánica del aprovechamiento pasado está descompuesta. El fósforo disponible fue mayor en las plantaciones mientras, que el potasio y fósforo totales fueron mayores en el bosque natural. Constataron también que el contenido de arcilla aumenta con la edad de la plantación.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en la Finca Tacamajaca de la empresa Smurfit Cartón de Venezuela, la cual está ubicada en el límite entre el piedemonte andino y los llanos occidentales, Municipio Ospino, en el estado Portuguesa. Se ubica entre las coordenadas 09° 10' 00" y 09° 28' 00" de latitud norte y entre 69° 20' 00" y 69° 25' 00" de longitud oeste. Igualmente, se escogieron 3 sitios en fincas agropecuarias vecinas (Los Alacranes y Capiaca), donde se tomaron las parcelas testigo.

La precipitación media anual es de 1715 mm. Se observa un período lluvioso que va de Mayo a Noviembre siendo el mes de junio el de mayor precipitación,

y un período seco de Diciembre a Marzo, ocurriendo la menor precipitación en el mes de Enero. La temperatura media anual es de 26,5 °C, con una temperatura máxima en el mes de Marzo de 28 °C, y mínima en el mes de Julio de 25.5 °C.

La vegetación natural ha desaparecido casi en su totalidad, exceptuando pequeñas manchas de bosque secundario ubicadas principalmente en áreas cercanas a los caños. Según el sistema de clasificación bioclimático de Holdridge, la zona pertenece al Bosque Seco Tropical.

Debido a la antigüedad de los sedimentos, en esta región existe una gran diversidad de suelos. La empresa ha realizado las plantaciones de pinos y eucaliptos sobre terrazas aluviales antiguas (Q₃ y Q₄). Las de Gmelina se encuentran sobre sedimentos recientes que conforman actualmente la parte distal del abanico (Q₂). En ambos casos, la geomorfología de la zona es producto de los procesos de sedimentación y erosión por parte de los ríos provenientes de la cordillera de Los Andes durante el cuaternario. Así mismo, se utiliza una clasificación local fisiográfica que distingue entre Llano Alto (con una altura aproximada de 200 msnm, corresponde a terrazas más altas y antiguas) y Llano Bajo (con alturas entre 160 y 170 msnm, corresponde a abanicos recientes).

METODOLOGÍA.

Dentro de los lotes plantados con Eucalipto, se seleccionaron 3 calicatas ubicadas opináticamente en sitios representativos, es decir, alejados de eventuales caños, hacia el centro del lote para minimizar los efectos de borde, sobre el camellón (realizado con maquinaria al momento de preparar el terreno) y entre dos árboles consecutivos en la línea de plantación.

También se evaluaron 3 calicatas testigo, en fincas vecinas, sin plantación (con sabanas o pastizales) y con la misma posición fisiográfica.

En cada sitio de observación, se describieron las siguientes variables pedomorfológicas: profundidad de los horizontes, color, textura y estructura. Adicionalmente, se tomaron dos muestras por calicata con 0-30 y 30-60 cm de

profundidad para los respectivos análisis de laboratorio. Posteriormente, se tomaron tres cilindros de 100 cm³ de suelo, para cada estrato, para la determinación de la densidad aparente y espacio poroso.

En el Laboratorio UCV-Maracay se realizaron los siguientes análisis físico-químicos:

- Textura, por el método de Bouyoucos.
- pH : pH en H₂O 1:1.
- Conductividad eléctrica en H₂O 1:1.
- Materia orgánica: combustión húmeda, método de Walkley y Black.
- Fósforo disponible: Método de extracción en FNH₄ y HCl. Procedimiento Bray-Kurtz.
- Bases intercambiables (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺): acetato de amonio 1 N y pH 7
- Micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn): extracción con la solución “Carolina del Norte”, doble ácido.

En el laboratorio de suelos ULA-INDEFOR se realizó el análisis de densidad aparente, usando el método del cilindro de Ulhan. Los tres cilindros de cada horizonte fueron secados al horno durante 24 horas a 105 °C, y pesados con precisión al décimo de gramo.

El Espacio poroso (Ep) se determinó mediante la siguiente relación:

$$Ep (\%) = (1 - Da / 2.65) * 100$$

(Da = densidad aparente; 2.65 = densidad promedio del cuarzo)

Todos los resultados que se presentan, son las medias de las tres calicatas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Descripción de los suelos bajo plantaciones de Eucalipto.

El horizonte Ah varía entre 25, 22 y 18 cm de espesor. Se supone que esto es el resultado de los camellones realizados para el establecimiento de la plantación. En general el color es rojo amarillento y la estructura es blocosa subangular. Los resultados mostrados en la Tabla 1 permiten resumir las siguientes características generales:

- La textura es franco arcillosa, con tendencia a aumentar el contenido de arcilla con la profundidad.
- La densidad aparente presenta una cierta tendencia a aumentar con la profundidad.
- Son suelos extremadamente ácidos.
- La conductividad eléctrica presenta valores bajos y tiende a disminuir con la profundidad, pero permiten el cultivo de cualquier especie.
- Estos suelos son muy pobres en materia orgánica, y este parámetro disminuye con la profundidad.
- Los niveles de P, K, Ca, Na, Fe y Cu son bajos y tienden a disminuir con la profundidad.
- Los valores de Mg y Mn son muy heterogéneos. El Mg tiende a aumentar con la profundidad y el Mn a disminuir.
- El Zn presenta bajos niveles, pero tiende a aumentar con la profundidad.

Descripción de los suelos bajo pastizales (testigo Eucalipto).

El horizonte Ah varía entre 9 y 13 cm de espesor y posee un color marrón oscuro. Con pocas excepciones, los siguientes horizontes son rojo amarillentos. La estructura es blocosa subangular. De acuerdo a los valores presentados en la Tabla 2 se puede resumir lo siguiente:

- Las texturas no son tan homogéneas como en las plantaciones, pero los suelos son franco arcillosos. Las texturas varían de franco arenosa a arcillosa. Los valores de arcilla tienen una tendencia a aumentar con la profundidad.

- La densidad aparente tiene una tendencia a disminuir con la profundidad.
- Son suelos fuertemente ácidos, con una tendencia del pH a disminuir en la superficie.
- La conductividad eléctrica es baja y tiende a disminuir con la profundidad.
- Estos suelos son pobres en materia orgánica, principalmente en profundidades mayores a 30 cm.
- Los valores que presentan el P, K, Ca, Fe, Cu y Zn son bajos y tienen la tendencia a disminuir con la profundidad.
- Los niveles de Na son bajos, pero se mantienen similares en todo el perfil.
- Los valores de Mg y Mn también son bajos. Pero, en este caso el Mg tiende a disminuir con la profundidad y el Mn a aumentar.

Diferencias entre los suelos bajo Eucalipto y los testigos.

Los resultados de los análisis de varianza se encuentran en la Tabla 3. Las diferencias para cada parámetro entre el suelo bajo plantación y el testigo son estadísticamente significativas cuando $p < 0.05$.

En el horizonte 0-30 cm, no hay diferencias significativas entre los suelos de las plantaciones de Eucalipto y los testigos del Llano Alto. Para el horizonte 30-60 cm, **sólo se encuentran diferencias significativas para el pH y el sodio**, que corresponden a una disminución en ambos parámetros.

En la Tabla 4 se muestra un resumen sobre la comparación entre los suelos con Eucalipto y los testigo. Se encuentra una tendencia (no significativa), de la densidad aparente a disminuir en los primeros 30 cm de profundidad bajo plantaciones, y aumentar en los siguientes 30 cm de profundidad. Esto se debe a que bajo las plantaciones, la zona superficial corresponde al camellón. Sin embargo, la densidad aparente promedio de los testigos fue más alta, porque estos suelos no tienen cobertura arbórea ni sotobosque y el ganado puede compactar la superficie sobre todo después de las lluvias. Al analizar la densidad aparente en las dos profundidades, los valores de la misma bajo plantación tienden a ser homogéneos, lo que puede considerarse como un efecto benéfico, ya que estos valores son aceptables para el desarrollo de las raíces.

Así mismo, se encuentra una propensión del pH a disminuir bajo las plantaciones de eucalipto, en los horizontes evaluados (significativa entre 30-60 cm). Esto coincide con lo que se ha reportado en numerosos estudios en diversas partes del mundo y puede estar asociado con la demanda nutricional de la plantación, principalmente Mg, Ca y K.

También existe una inclinación de la materia orgánica a disminuir bajo las plantaciones, en ambos horizontes 0-30 cm y 30-60 cm. Se estima que, en comparación con las parcelas forestales, las gramíneas (testigos) son consideradas como productoras de materia orgánica, ya que desarrollan alta biomasa radical con un ciclo de vida muy corto, lo que les permite incorporar mayor cantidad de desechos vegetales al suelo mineral anualmente. En ambos casos, la tendencia es disminuir con la profundidad, lo que indica una mineralización de la materia orgánica, favorecida por las condiciones edáficas y ambientales de los sitios de estudio.

En los primeros 30 cm de profundidad, se observa un comportamiento similar en la distribución de las bases cambiables, a excepción del Mg que es mayor bajo plantación. A partir de 30 cm, la tendencia es a disminuir bajo plantación. Esto puede ser atribuido a la demanda nutricional y la capacidad exploradora de los sistemas radicales de la plantación que penetran horizontes más profundos que las gramíneas.

Para los micronutrientes, el manganeso, en los primeros 30 cm de profundidad tiene niveles más altos en las plantaciones, mientras que en el horizonte 30-60 cm, los niveles son más altos para los testigos. El hierro no tiene ningún cambio, el cobre presenta una pequeña tendencia a aumentar bajo las plantaciones, mientras que el zinc disminuye en superficie y aumenta en el horizonte 30-60 cm.

CONCLUSIONES.

En posición geomorfológica alta (200 msnm), con sedimentos más antiguos, los suelos presentaron pH extremadamente ácidos, bajo contenido de bases cambiables, de materia orgánica y de fósforo, medio a bajo de manganeso y muy bajos en cobre y zinc. Es decir, existe una fertilidad natural muy baja. Sin

embargo, el Eucalipto parecen estar bien adaptado a esas condiciones y representa una opción, en el uso de la tierra, muy productiva.

Al parecer, 6 años de plantación con Eucalipto es muy poco tiempo para que aparezcan cambios estadísticamente significativos favorables o desfavorables en el suelo, a excepción del pH y el Na que disminuyeron, en el horizonte de 30 a 60 cm de profundidad. Es probable que, en turnos sucesivos, el suelo se vuelva cada vez más ácido y sea necesaria una rotación de especies.

AGRADECIMIENTOS

Al programa de intercambio ALFA METSA, por permitir la pasantía del Ing. Julien Carimentrand. A la Gerencia, personal técnico y obrero de la Empresa Smurfit Cartón de Venezuela y a los dueños de las Fincas Los Alacranes y Capiaca, por el apoyo brindado durante los levantamientos de campo.

BIBLIOGRAFÍA

1. FAO. 1990. El dilema del Eucalipto. FAO. Roma. 26 p.
2. FAO. 2000. Evaluación de Recursos Forestales. En: http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp?lang_id=3
3. Jaiyeoba, I. 1996. Amelioration of soil fertility by woody perennials in cropping fields: evaluation of three tree species in the semi-arid zone of Nigeria. *Journal of Arid Environments*. 33(4): 473-482.
4. Jha, Dimri y Gupta. 1996. Soil nutrient changes under different ages of Eucalyptus monocultures. *Indian Forester*. 122(1): 55-60.
5. McColl, J y Powers, R. 1984. Consequences of forest management on soil-tree relationships. En: *Nutrition of plantation forests* (Bowen, G y Nambiar, E., editores). Academic Press. London. 516 p.
6. Nandi, Basu y Banerjee. 1991. Modification of some soil properties by Eucalyptus species. *Indian Forester*. 117(1): 53-57.
7. Zimmermann, R. 1992. Impactos ambientales de las actividades forestales. FAO. Roma. 80 p.

Tabla 1. Características más importantes de los bajo plantaciones de Eucalipto.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Zona Superficial: 0-30 cm				
Arcilla (%)	28	24	32	4
Limo (%)	33.33	30	40	5.77
Arena (%)	38	32	44	6
Densidad aparente (g/cm ³)	1.30	1.02	1.42	0.16
Espacio poroso (%)	47.33	47	48	0.57
pH	4.09	3.79	4.52	0.38
Cond. Eléctrica (dS/m)	0.036	0.02	0.05	0.015
Materia orgánica (%)	1.043	1	1.11	0.058
P (ppm)	1.66	1	2	0.57
K (ppm)	18.33	5	30	12.58
Ca (ppm)	30.33	1	89	50.80
Na (ppm)	9	1	14	7
Mg (ppm)	45	14	102	49.42
Fe (ppm)	25.33	25	26	0.57
Mn (ppm)	81.66	5	170	83.11
Cu (ppm)	0.56	0.3	0.8	0.25
Zn (ppm)	0.56	0.4	0.8	0.20

Continuación. Tabla 1.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Zona Profunda: 30-60 cm				
Arcilla (%)	38	38	38	0
Limo (%)	29.33	26	32	3.05
Arena (%)	32.66	30	36	3.05
Densidad aparente (g/cm ³)	1.31	1.25	1.4	0.07
Espacio poroso (%)	50.66	48	53	2.51
pH	4	3.88	4.19	0.16
Cond. Eléctrica (dS/m)	0.026	0.02	0.04	0.01
Materia orgánica (%)	0.636	0.60	0.68	0.040
P (ppm)	1	1	1	0
K (ppm)	8.66	6	14	4.61
Ca (ppm)	1.66	1	3	1.15
Na (ppm)	3	2	4	1
Mg (ppm)	19.33	14	30	9.23
Fe (ppm)	17	15	18	1.7
Mn (ppm)	26	6	66	34.64
Cu (ppm)	0.33	0.20	0.4	0.11
Zn (ppm)	0.86	0.40	1.8	0.8

Tabla 2. Características más importantes de los Suelos de Llano alto, bajo pastizales.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Zona Superficial: 0-30 cm				
Arcilla (%)	33.33	24	42	9.01
Limo (%)	32	26	38	6.00
Arena (%)	34.66	28	44	8.32
Densidad aparente (g/cm ³)	1.37	1.28	1.45	0.8
Espacio poroso (%)	48.33	45	52	3.51
pH	4.64	4.42	4.76	0.19
Cond. Eléctrica (dS/m)	0.02	0.01	0.04	0.015
Materia orgánica (%)	1.31	0.51	1.74	0.693
P (ppm)	1.33	1	2	0.577
K (ppm)	21.33	8	34	13.01
Ca (ppm)	29.33	1	81	44.81
Na (ppm)	7.33	6	10	2.31
Mg (ppm)	37.33	10	78	35.90
Fe (ppm)	24.66	12	31	10.96
Mn (ppm)	54	25	106	45.13
Cu (ppm)	0.30	0	0.5	0.26
Zn (ppm)	0.66	0.4	1	0.30

Continuación. Tabla 2.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Zona Profunda: 30 - 60 cm				
Arcilla (%)	38	34	44	5.29
Limo (%)	28	28	28	0
Arena (%)	34	28	38	5.29
Densidad aparente (g/cm ³)	1.24	1.05	1.4	0.17
Espacio poroso (%)	53.33	48	60	6.11
pH	4.59	4.55	4.66	0.06
Cond. Eléctrica (dS/m)	0.02	0.02	0.02	0
Materia orgánica (%)	0.80	0.06	1.54	0.74
P (ppm)	1	1	1	0
K (ppm)	14.33	12	17	2.51
Ca (ppm)	4.33	1	9	4.16
Na (ppm)	7.66	6	9	1.52
Mg (ppm)	24.33	15	36	10.69
Fe (ppm)	18.66	10	27	8.50
Mn (ppm)	60.66	36	88	26.10
Cu (ppm)	0.2	0	0.4	0.2
Zn (ppm)	0.46	0.3	0.7	0.21

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza, para las variables edáficas, entre la plantación de Eucalipto y el testigo.

Análisis de varianza	0 30 cm			30 – 60 cm		
	Variable	MS_ERROR	F	P	MS_ERROR	F
ARCILLA	48.667	0.877	0.402	14	0	1
LIMO	34.667	0.077	0.795	4.667	0.571	0.492
ARENA	52.667	0.316	0.604	18.667	0.143	0.725
Densidad aparente	0.017	0.442	0.543	0.019	0.475	0.529
Espacio poroso	6.333	0.237	0.652	21.833	0.489	0.523
pH	0.091	4.978	0.089	0.016	33.258	0.004#
Cond. Eléctrica	0.000	0.643	0.468	0.000	1.000	0.374
Materia orgánica	0.242	0.440	0.543	0.275	0.146	0.722
P	0.333	0.500	0.519	0.000		
K	163.833	0.082	0.788	13.833	3.482	0.135
Ca	2294.833	0.001	0.981	9.333	1.143	0.345
Na	27.167	0.153	0.715	1.667	19.600	0.011#
Mg	1866.167	0.047	0.839	99.833	0.376	0.573
Fe	60.333	0.011	0.921	37.667	0.111	0.756
Mn	4472.667	0.257	0.639	940.667	1.916	0.238
Cu	0.067	1.600	0.275	0.027	1.000	0.374
Zn	0.068	0.220	0.664	0.348	0.689	0.453

#: diferencias significativas.

Tabla 4. Comparación entre los suelos bajo Eucalipto y los testigo.

Variable	0-30 cm		30-60 cm	
	Media de los Testigo	Media de Eucalipto	Media de los Testigo	Media de Eucalipto
Arcilla (%)	33.33	28	38	38
Limo (%)	32	33.33	28	29.33
Arena (%)	34.66	38	34	32.66
Densidad aparente (g/cm ³)	1.37	1.30	1.24	1.31
Espacio poroso (%)	48.33	47.33	53.33	50.66
pH	4.64	4.09	4.59	4
Cond. Eléctrica (dS/m)	0.02	0.036	0.02	0.026
Materia orgánica (%)	1.31	1.043	0.80	0.636
P (ppm)	1.33	1.66	1	1
K (ppm)	21.33	18.33	14.33	8.66
Ca (ppm)	29.33	30.33	4.33	1.66
Na (ppm)	7.33	9	7.66	3
Mg (ppm)	37.33	45	24.33	19.33
Fe (ppm)	24.66	25.33	18.66	17
Mn (ppm)	54	81.66	60.66	26
Cu (ppm)	0.30	0.56	0.2	0.33
Zn (ppm)	0.66	0.56	0.46	0.86