



ESTA OBRA ES PROPIEDAD DE LA
BIBLIOTECA DEL
CONSEJO NACIONAL DE RECTORES
ACTIVO NUMERO: 5882



"TALLER DE NUTRICION FORESTAL"

MEMORIA

Opes 17-2000

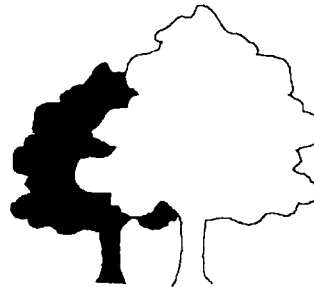
San José, Costa Rica, Agosto 2000



CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

**COMISIÓN DE VICERRECTORES
DE INVESTIGACIÓN**

**SUBCOMISIÓN DE
INVESTIGACIÓN FORESTAL**



**TALLER DE
NUTRICIÓN FORESTAL**
2 de junio, 2000

MEMORIA

San José, agosto 2000

OPES 17-2000

**Con el apoyo de
FONAFIFO**

Subcomisión de Investigación Forestal:
Eladio Chaves Salas, Coordinador, UNA
José Francisco Di Stefano Gandolfi, UCR
Marcela Arguedas Gamboa, ITCR
Estrella M. Guier Serrano, UNED
Sonia Rojas Soto, OPES

634.9

C775t Consejo Nacional de Rectores. Oficina de Planificación
OPES 17/2000 de la Educación Superior

Taller de Nutrición Forestal; memoria / Consejo
Nacional de Rectores. – San José C.R, CONARE,
OPES : Publicaciones, 2000.

113 p ; 28 cm.

ISBN 9977-77-024-7

1. SILVICULTURA. 2. NUTRICION FORESTAL 3. COSTA RICA. I.
TITULO.

PRESENTACIÓN

La Subcomisión de Investigación Forestal del Consejo Nacional de Rectores (CONARE), actualizó en 1999, el Plan Nacional de Investigación en Conservación y Desarrollo Forestal, de 1993. Con esta actualización se determinaron una serie de áreas, programas estratégicos y temáticas prioritarias, así como las necesidades de investigación en el campo forestal. Con este marco de referencia la Subcomisión está organizando diversas actividades encaminadas a resolver algunos vacíos de información, y a una mejor divulgación de los resultados de investigaciones y una mayor interacción entre los investigadores que están trabajando en áreas o temas similares. También se están realizando esfuerzos para desarrollar proyectos en forma conjunta entre las universidades estatales, entes gubernamentales y organizaciones privadas.

En esta línea de trabajo se llevó a cabo en el Auditorio del edificio Dr. Franklin Chang Díaz, el "Taller sobre Nutrición Forestal", tema al cual se le ha dado mucha importancia, en los últimos años, sobre todo en la silvicultura intensiva. Ésta trabaja con el establecimiento de plantaciones de rápido crecimiento, con turnos relativamente cortos que pueden afectar la fertilidad de los suelos. Por otro lado, las plantaciones establecidas con bajo o ningún manejo que trabaja con rodales muy densos en los cuales no se establece un sotobosque, se pueden presentar problemas de erosión y degradación de los suelos.

El taller se desarrolló con el fin de conocer los resultados de las principales investigaciones desarrolladas en el campo de la nutrición forestal, facilitar el intercambio entre los profesionales que están trabajando en esta temática, conocer las principales necesidades nutricionales de las especies utilizadas en los proyectos de reforestación, la respuesta de algunas especies a los fertilizantes químicos u orgánicos y los impactos que pueden ocasionar algunas especies en los sitios en los cuales se han plantado.

La Subcomisión de Investigación Forestal de CONARE, se complace en poner a su disposición los resultados de este taller que incluyen, las necesidades de investigación en este campo y las especies prioritarias para la reforestación.

Un agradecimiento a los investigadores que presentaron sus resultados, a los participantes por sus aportes en el taller y al Fondo de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), por su apoyo financiero. Asimismo, a la Lic. Vera Víquez y a la señora Patricia Chacón, de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES), por su colaboración en la organización del evento y su participación en el proceso de elaboración de este documento.



M.Sc. Eladio Chaves Salas
Coordinador
Subcomisión de Investigación Forestal
CONARE

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
PRESENTACIÓN	3
PROGRAMA	7
INAUGURACIÓN	9
Palabras de la Lic. Silvia Abdelnour	11
Vicerrectora de Planificación de la Universidad Estatal a Distancia	
Palabras del M.Sc. José Luis Salas	12
Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)	
PONENCIAS PRESENTADAS EN EL TALLER	15
Ciclaje de nutrientes en plantaciones con especies puras y mixtas en región de bosque húmedo tropical. Florencia Montagnini, CATIE	17
Contenido de nutrientes foliares en árboles de <i>Gmelina arborea</i> , <i>Terminalia amazonia</i> , <i>Terminalia superba</i> y <i>Vochysia guatemalensis</i> plantados en las tierras bajas húmedas de Costa Rica. Eugenio González y Jenny Pérez, OET	25
La utilización de nutrientes por melina (<i>Gmelina arborea Roxb.</i>) en plantaciones industriales en el Pacífico Sur de Costa Rica. M.Sc. Donald Zeaser, Ston Forestal S.A.	26
La aplicación de fertilizantes químicos en <i>Tectona grandis Linn.F.</i> en Guanacaste, Costa Rica. William Fonseca, INISEFOR-UNA	39
Producción en vivero de tres especies forestales nativas aplicando abono orgánico, en la zona Atlántica. Yael's Camacho, INISEFOR-UNA	45
APORTES ADICIONALES RELACIONADOS CON LA TEMÁTICA DEL TALLER	57
Reforestación con especies nativas para la recuperación de áreas degradadas: Experiencias en tres regiones de Latinoamérica. Florencia Montagnini, Manuel Guariguata, Ana Mariscal, Natasha Ribeiro, Daniel Shepherd. CATIE y Yale University	59
Mejoramiento de la calidad física y química de los suelos durante el proceso de regeneración natural, en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH), Guanacaste, Costa Rica. Ernesto Alfaro R., UNA	76
GUIAS PARA EL TRABAJO EN EQUIPOS	97
CONCLUSIONES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO	103
LISTADO DE PARTICIPANTES	109

PROGRAMA

- 8:30 a.m. Inauguración.
Lic. Silvia Abdelnour, Vicerrectora de Planificación, UNED
José Luis Salas, M.Sc., Presidente Junta Directiva, FONAFIFO
- 8:45 a.m. Exposición de la Dra. Florencia Montagnini, CATIE
“Ciclaje de nutrientes en plantaciones con especies puras y mixtas en región de bosque húmedo tropical”.
- 9:20 a.m. Exposición del Dr. Eugenio González, OET
“Contenido de nutrientes foliares en árboles de *Gmelina arborea*, *Terminalia amazonia*, *Terminalia superba* y *Vochysia guatemalensis* plantados en las tierras bajas húmedas de Costa Rica”.
- 9:55 a.m. Café.
- 10:15 a.m. Exposición de Donald Zeazer, M.Sc
Consultor
“La utilización de nutrientes por melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en plantaciones industriales en el Pacífico Sur de Costa Rica.
- 10:50 a.m. Exposición de William Fonseca, M.Sc., UNA
“La aplicación de fertilizantes químicos en *Tectona grandis* Linn.F. en Guanacaste, Costa Rica”.
- 11:25 a.m. Exposición de Yael’s Camacho, M.Sc., UNA
“Producción en vivero de tres especies forestales nativas aplicando abono orgánico en la zona Atlántica”.
- 12:00 m.d. Almuerzo.
- 1:00 p.m. Trabajo en grupos.
- 2:40 p.m. Café.
- 3:00 p.m. Reunión Plenaria y Clausura.

INAUGURACION

**Palabras de la Lic. Silvia Abdelnour
Vicerrectora de Planificación, UNED
Comisión de Vicerrectores de Investigación, CONARE**

Señoras y señores de la Mesa Principal
Señoras y señores integrantes de la Subcomisión de Investigación Forestal
Señoras y señores participantes en el Taller

En muchos foros de discusión del Sector Forestal, sobresalió como tema central la necesidad de contar con un Plan Nacional de Investigación en Conservación y Desarrollo Forestal.

En 1991, por mandato de la Comisión de Vicerrectores de Investigación de las universidades estatales, coordinada por CONARE, se conforma la Comisión que coordina e impulsa la realización de este Plan, cuya primera versión se publicó en 1992.

A partir de 1998 la Subcomisión de Investigación Forestal se abocó, mediante un proceso participativo, a la tarea de revisar y actualizar el Plan Nacional de Investigación en Conservación y Desarrollo Forestal, proceso que culminó recientemente, a finales de 1999.

Este Plan se estructuró en áreas estratégicas, y se identificaron temas prioritarios de atención.

En el marco de este Plan, y con el fin de promover el trabajo conjunto de los expertos del Sector Forestal en la detección de necesidades y la proposición de soluciones a los temas prioritarios, se han venido desarrollando diversas actividades, como foros, charlas y seminarios.

El tema elegido para la actividad de hoy es de gran interés para el país y, en este sentido, es necesario ahondar e investigar aún más. Por estas razones, esta actividad reviste especial importancia particularmente dentro del área de plantaciones.

Quiero aprovechar la oportunidad para hacer un reconocimiento especial a la Subcomisión de Investigación Forestal. Esta ha logrado que el estudio de estos temas trascienda el ámbito universitario, involucrando expertos de diferentes áreas de investigación del Sector Forestal. Así como también agradecer el apoyo económico del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal a esta actividad.

La Comisión de Vicerrectores de Investigación agradece la presencia de ustedes en el Taller de Nutrición Forestal, y les desea muchos éxitos en el desarrollo de esta actividad y en la consecución de los objetivos planteados.

**Palabras de José Luis Salas Zúñiga, M.Sc.
Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
(FONAFIFO)**

A finales de 1978 se dio la primera graduación de ingenieros forestales, por ese tiempo a nadie le interesaba el bosque, los dueños de finca interpretaban al bosque como un enemigo al que había que destruir para dar paso a la agricultura y a la ganadería. Por ese año a mi me tocó ver cómo se quemaba el surá en Venado de San Carlos. Actualmente todo mundo habla del ambiente y se desgarran las vestiduras, pero mucho de lo que existe de bosque se lo deben a los forestales. Eso no quiere decir que otras profesiones no hallan contribuido a mantener el bosque. Cuando quisimos que los políticos nos atendieran para introducir nueva legislación y políticas forestales, nos creían locos u extremistas, actualmente todos los políticos le brindan atención al ambiente, inclusive como parte de su plataforma política.

La industria siempre ha consumido cerca de 1.000.000 m³ de madera en rollo, esto no ha variado mucho, aunque la población ha crecido. Lo que sucede es que el consumo per cápita ha disminuido y existen una serie de sustitutos de la madera. La maquinaria y el equipo que utiliza la industria forestal para procesar grandes diámetros es la indicada, grandes carros, máquinas de cinta, no existe otro equipo más adecuado que este para aserrar diámetros mayores a 60 cm, pero hoy día la cosa ha variado y se requiere otro tipo de equipo y maquinaria para procesar diámetros menores provenientes de plantaciones forestales.

Además del cambio en el aserrío, se inicia un cambio en la comercialización de la madera. El tener nuevas especies provenientes de plantaciones, implica promover cambios de costumbre del mercado y generar algunos productos nuevos. Para el año 2001 se espera una cosecha mayor a 1.000.000 de m³, lo que demanda buscar dónde colocar esa materia prima, tanto a nivel nacional como internacional. El cerrar el ciclo es importante y es fundamental. Si el plantar árboles es negocio, los campesinos volverán a hacerlo, por el contrario si no lo es, eliminarán estas plantaciones y dedicarán esas tierras a otros usos. Se estima que el país ha invertido en generar esa cantidad de plantaciones cerca de 100 millones de dólares y Costa Rica no está en condiciones de volver a realizar esta inversión.

El contar con 150.000 hectáreas de plantaciones ha sido todo un proceso de muchos años. En 1978 se inicia la aplicación de incentivos con la deducción del impuesto sobre la renta, pero no todos tenían acceso al sistema; entonces se estableció el certificado de abono forestal (CAF), lo que lo democratizó. Posteriormente se introduce el CAF para manejo forestal, con el objetivo de evitar la tala total y por supuesto dar sostenibilidad al bosque. Actualmente se estima en más de 50.000 hectáreas los bosques bajo manejo.

Hoy día el sistema de incentivos ha evolucionado al "Pago de Servicios Ambientales", es decir pagar por los servicios que brinda el bosque y las

plantaciones, de manera que estos servicios se convierten en un instrumento de mercado y de desarrollo.

Varios proyectos o programas han venido a contribuir a conocer sobre el manejo de los bosques tropicales, el último que ha dejado información importante fue el de ODA-CODEFORSA, negociado en su momento por el Plan de Acción Forestal para Costa Rica (PAFCR) y no se pueden dejar de lado las contribuciones de las universidades y del CATIE.

Por otro lado, también se han desarrollado investigaciones en la parte silvicultural, la producción de plantas en viveros, aportes en mejoramiento genético y en calidad de sitio.

Es interesante ver entonces cómo ha evolucionado el sector y encontrarse el día de hoy hablando sobre nutrición forestal y observar muchas caras nuevas, muy jóvenes, lo que hace suponer que estamos realmente sobre el camino correcto y que los forestales han promovido un cambio y un enfoque de cómo atender y ver nuestros recursos boscosos, lógicamente también otros sectores han participado en esta evolución.

Gracias por invitarme a este tipo de eventos impulsados por la Subcomisión de Investigación Forestal de CONARE, subcomisión que en su momento ayudé impulsar dando todo mi apoyo y de la cual en su inicio fui su coordinador.

Nuevamente gracias por invitarme.

**PONENCIAS
PRESENTADAS
EN EL TALLER**

**CICLAJE DE NUTRIENTES EN PLANTACIONES CON
ESPECIES PURAS Y MIXTAS EN REGIÓN DE BOSQUE
HÚMEDO TROPICAL**

Florencia Montagnini

**Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza**

(CATIE)

7170 Turrialba

Costa Rica

Tel: (506) 556-6440

Fax: (506) 556-1533

e-mail: montagni@catie.ac.cr

**Palabras clave: árboles nativos, nutrientes de la biomasa aérea,
nutrientes del suelo, plantaciones mixtas, trópico húmedo**

**Presentado en el Taller sobre Nutrición Forestal, Organizado por la
Subcomisión de Investigación Forestal, Consejo Nacional de
Rectores, San José, Costa Rica, 2 de junio de 2000**

Introducción

Las plantaciones forestales pueden brindar múltiples beneficios tales como producción de madera, protección del suelo, captura de carbono atmosférico, y protección de cuencas hidrográficas. Además el uso de plantaciones con especies nativas monoespecíficas o mixtas puede desempeñar un papel importante en la recuperación de suelos, y de la estructura y diversidad florística de ecosistemas tropicales degradados (Lugo 1992, Montagnini and Sancho 1990, Guariguata et al. 1995, Parrotta 1992).

A medida que aumenta el establecimiento de plantaciones de rápido crecimiento y rotaciones cortas en las regiones de bosque húmedo tropical, y especialmente cuando éstas se establecen sobre suelos de baja fertilidad, el problema del mantenimiento de la fertilidad de los suelos se transforma en un tema importante del manejo de las plantaciones. En el presente trabajo, la biomasa aérea, las concentraciones de nutrientes de los tejidos aéreos, y los nutrientes del suelo fueron examinados en tres plantaciones jóvenes de cuatro especies cada una de árboles nativos, en rodales puros y mixtos, en un sitio de baja fertilidad localizado en la región de bosque húmedo tropical de tierras bajas del Atlántico de Costa Rica. El objetivo fue determinar el rol de la acumulación de nutrientes en la biomasa aérea, sobre la disminución potencial de los nutrientes del sitio, y ofrecer recomendaciones para la conservación de nutrientes a largo plazo.

Metodología

El estudio se desarrolló en La Estación Biológica La Selva, Costa Rica (10 22'N, 83 59'W, 35-137 msnm). La temperatura promedio es de 24o C y la precipitación anual es de 4000 mm. Las plantaciones se establecieron en 1991 en un área de pastizal abandonado. Los suelos son Fluventic Dystropepts, derivados de aluviones volcánicos. Son profundos, bien drenados, libres de rocas, con contenido de materia orgánica bajo o mediano (2.5-4.5%), textura moderadamente pesada, ácidos (pH < 5.0) y poco fértiles (Montagnini & Porras 1998).

Las plantaciones consistían de 12 especies nativas: Plantación 1: *Jacaranda copaia*, *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Stryphnodendron microstachyum*; Plantación 2: *Terminalia amazonia*, *Dipteryx panamensis*, *Virola koschnyi* y *Albizia guachapele*; Plantación 3: *Hyeronima alchorneoides*, *Pithecellobium elegans*, *Genipa americana* y *Vochysia ferruginea*. Las parcelas de 32 x 32 m² se encuentran en bloques al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos: parcelas puras de cada especie, una parcela mixta con las 4 especies, y una parcela de regeneración natural (Montagnini & Porras 1998).

En el presente estudio, las plantaciones se ralearon, eliminando la mitad de los árboles de las parcelas. En cada parcela se seleccionaron 3 árboles para mediciones de biomasa. Se separó en troncos, ramas y hojas, se pesó en el campo, y se tomaron sub-muestras para llevar a estufa a 70 C. Se usó la relación peso seco: peso húmedo para corregir los datos de campo. La biomasa promedio por árbol se multiplicó por el número de árboles por hectárea, corrigiendo según la mortalidad, para obtener biomasa por hectárea. Se realizó el análisis químico de las diferentes partes de tejido vegetal, en los laboratorios del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, siguiendo procedimientos estándar para el análisis de tejidos vegetales. Las concentraciones de N, P, Ca, Mg y K se multiplicaron por la biomasa de las partes correspondientes, para obtener kg/ha de cada nutriente y parte de los árboles, por especie y por parcela pura y mixta (Montagnini 1999, Stanley & Montagnini 1999).

Resultados y Discusión

En la Plantación 1, los rodales puros de *Jacaranda copaia* tuvieron mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y magnesio en la biomasa arbórea que los otros tratamientos, mientras que los rodales puros de *Vochysia guatemalensis* acumularon las mayores cantidades de potasio y calcio (Fig. 1). Para *J. copaia*, la cosecha de los troncos eliminaría alrededor del 54% del contenido total de N arbóreo, pero cerca de un 80% del P, K, Ca y Mg. Para *V. guatemalensis*, la cosecha de los troncos eliminaría menos de un 30% del N pero de un 50% a un 60% del contenido total arbóreo del Ca, K, Mg y P. Las ramas y el follaje sumados fueron entre un 25% y un 35% de la biomasa aérea total, pero en general representaron cerca de un 50% de los nutrientes de la biomasa arbórea.

En la Plantación 2, los rodales mixtos tuvieron el mayor contenido de nutrientes en la biomasa para todos los elementos considerados, y tanto los rodales mixtos como los rodales de *Terminalia amazonia* pura tuvieron las mayores cantidades de P y Mg en el tronco (Fig 2).

En la Plantación 3, las ramas y el follaje sumados formaron del 25% al 35% de la biomasa total, pero representaron cerca de un 50% de los nutrientes arbóreos totales. En esta plantación, los rodales puros de *Hieronyma alchorneoides* y de *Pithecellobium elegans*, y los rodales mixtos de cuatro especies, tuvieron las mayores acumulaciones de nutrientes totales en la biomasa arbórea por hectárea (Fig. 3). La importancia del mantillo del suelo de la plantación como compartimento acumulador de nutrientes fue variable a través del tiempo. Cuando la biomasa del mantillo estaba en su máximo, su contenido total de N, Ca, y Mg eran aproximadamente iguales o mayores que los nutrientes del tronco, para todas las especies excepto *P. elegans*. Para *P. elegans*, el mantillo consistentemente representó una proporción muy baja del contenido de nutrientes de la biomasa aérea.

Cinco años después de la plantación, disminuciones del contenido de P, K y Ca del suelo fueron aparentes en las parcelas puras de las especies de crecimiento más rápido, con las mayores acumulaciones de nutrientes en la biomasa aérea, tales como *Jacaranda copaia* y *Vochysia guatemalensis* (Montagnini 1999). Sin embargo, en otros casos hubo efectos beneficiosos sobre los nutrientes del suelo: por ejemplo, aumentos en el Ca del suelo bajo *Terminalia amazonia* y *Virola koschnyi*, ambas especies de alto contenido de Ca en el follaje y tasas elevadas de caída de hojarasca anual (Kershner & Montagnini 1998).

Las parcelas mixtas tuvieron valores intermedios para los nutrientes examinados, y aún condiciones mejoradas en algunos nutrientes del suelo tales como el P en la Plantación 1. Esto sugiere que en condiciones de parcelas mixtas puede tomar más tiempo para que ocurran disminuciones considerables de los nutrientes del suelo, que en rodales puros de especies de rápido crecimiento.

Son necesarias mediciones a largo plazo para determinar los efectos de las plantaciones puras y mixtas sobre los suelos, especialmente al acercarse el final de las rotaciones (estimadas en 12-15 años, dependiendo de las especies). El cálculo del balance de nutrientes de los rodales puede ayudar en la selección de especies de árboles y estrategias de manejo de modo de favorecer los mecanismos de reciclaje de nutrientes y la conservación de nutrientes del sitio.

Referencias

- Guariguata, M. R., Rheingans, R., and Montagnini, F. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3(4): 252-260.
- Kershner, R., and Montagnini, F., 1998. Leaf litter decomposition, litterfall and effects of leaf mulches from in mixed and monospecific plantations in Costa Rica. *Journal of Sustainable Forestry* 7: 95-118.
- Lugo, A. E. 1992. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. In M. K. Wali, editor. *Ecosystem rehabilitation, vol. 2: Ecosystem analysis and synthesis*. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.p 247-255.
- Montagnini, F.; and Sancho, F. 1990. Impacts of native trees on soils: a study in Atlantic lowlands of Costa Rica. *Ambio* 19:386-390.

Montagnini, F.; and Porras, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: An example of an integrative approach from the humid tropics. *Environmental Management* 22: 459-470.

Montagnini, F. 1999. Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. *Forest Ecology and Management* 4945: 1-14.

Parrotta, J. A. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:115-133.

Stanley, W., and Montagnini, F., 1999. Biomass and nutrient accumulation in pure and mixed plantations of indigenous tree species grown on poor soils in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 113: 91-103.

Leyendas de las figuras

Figura 1. Contenido total de nutrientes de la biomasa aérea por hectárea de *Jacaranda copaia*, *Vochysia guatemalensis*, *Callophylum brasiliense*, y *Stryphnodendron microstachyum* en plantación pura, y en parcelas mixtas de las cuatro especies. El contenido total de nutrientes difiere entre los tratamientos cuando las barras tienen letras diferentes ($P < .05$).

Figura 2. Contenido total de nutrientes de la biomasa aérea por hectárea de *Terminalia amazonia*, *Dipteryx panamensis*, *Virola koschnyi* y *Albizia guachapele* en plantación pura, y en parcelas mixtas de las cuatro especies. El contenido total de nutrientes difiere entre los tratamientos cuando las barras tienen letras diferentes ($P < .05$).

Figura 3. Contenido total de nutrientes de la biomasa aérea por hectárea de *Pithecellobium elegans*, *Hyeronima alchorneoides*, *Vochysia ferruginea* y *Genipa americana* en plantación pura, y en parcelas mixtas de las cuatro especies. El contenido total de nutrientes difiere entre los tratamientos cuando las barras tienen letras diferentes ($P < .05$).

FIGURA 1

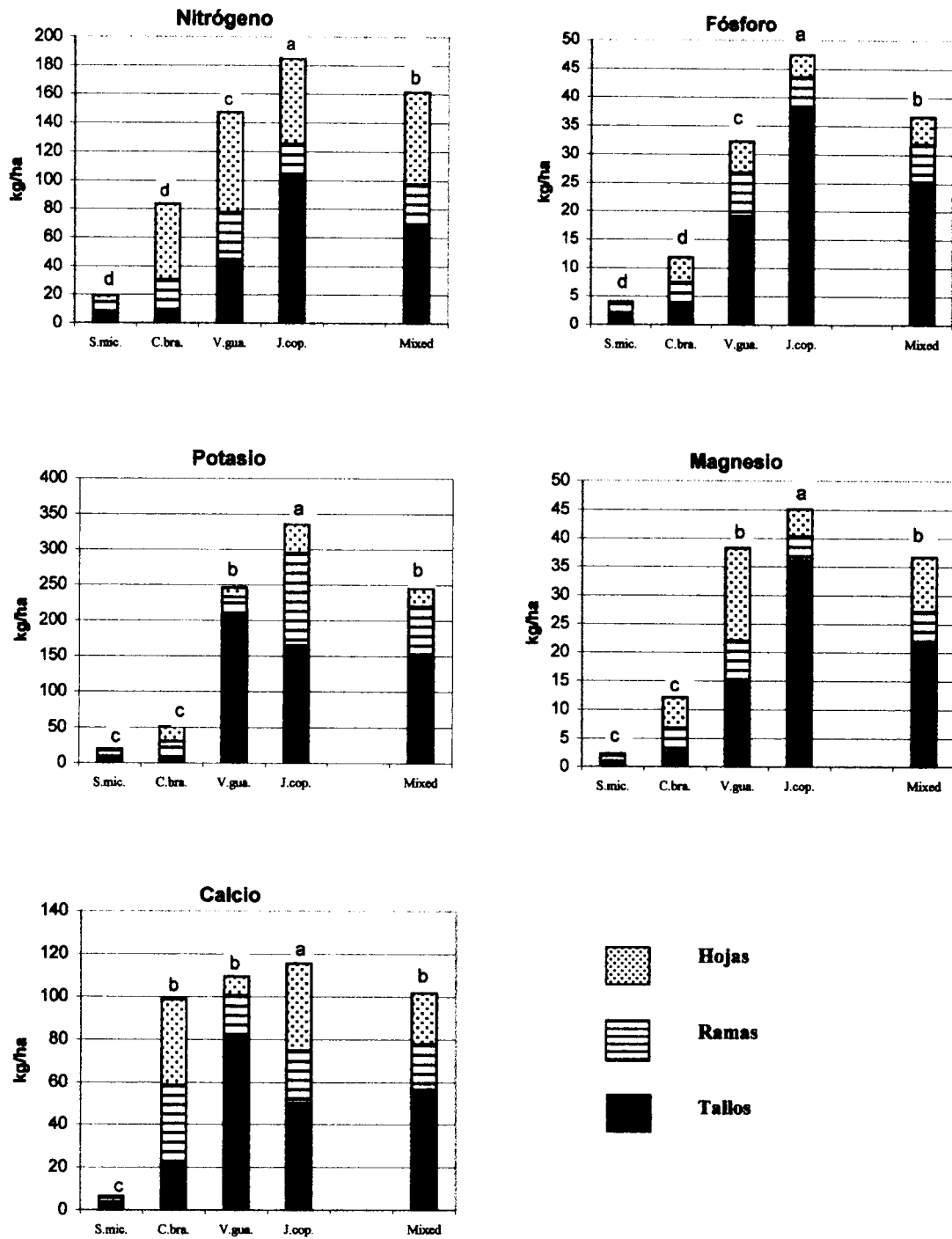


FIGURA 2

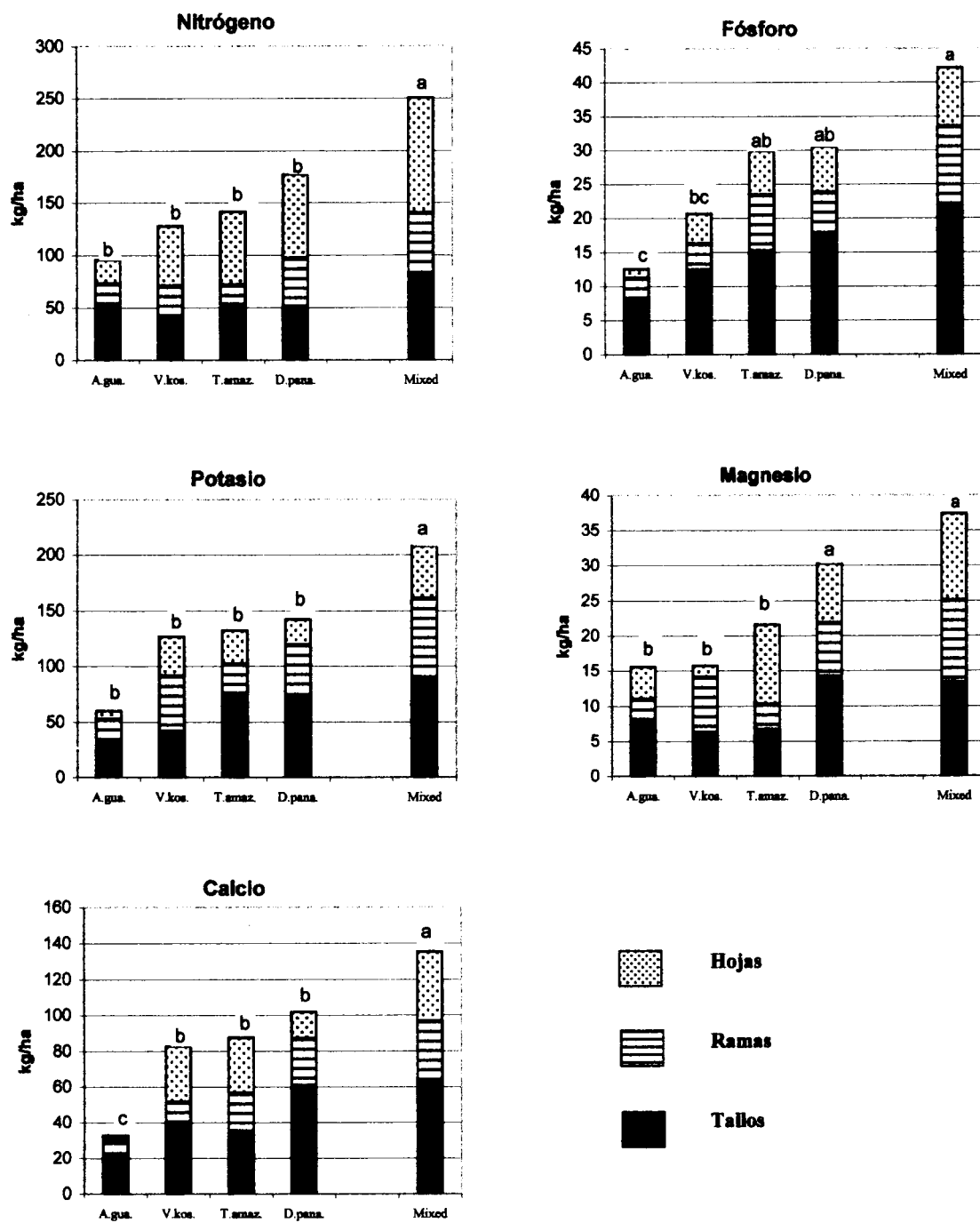
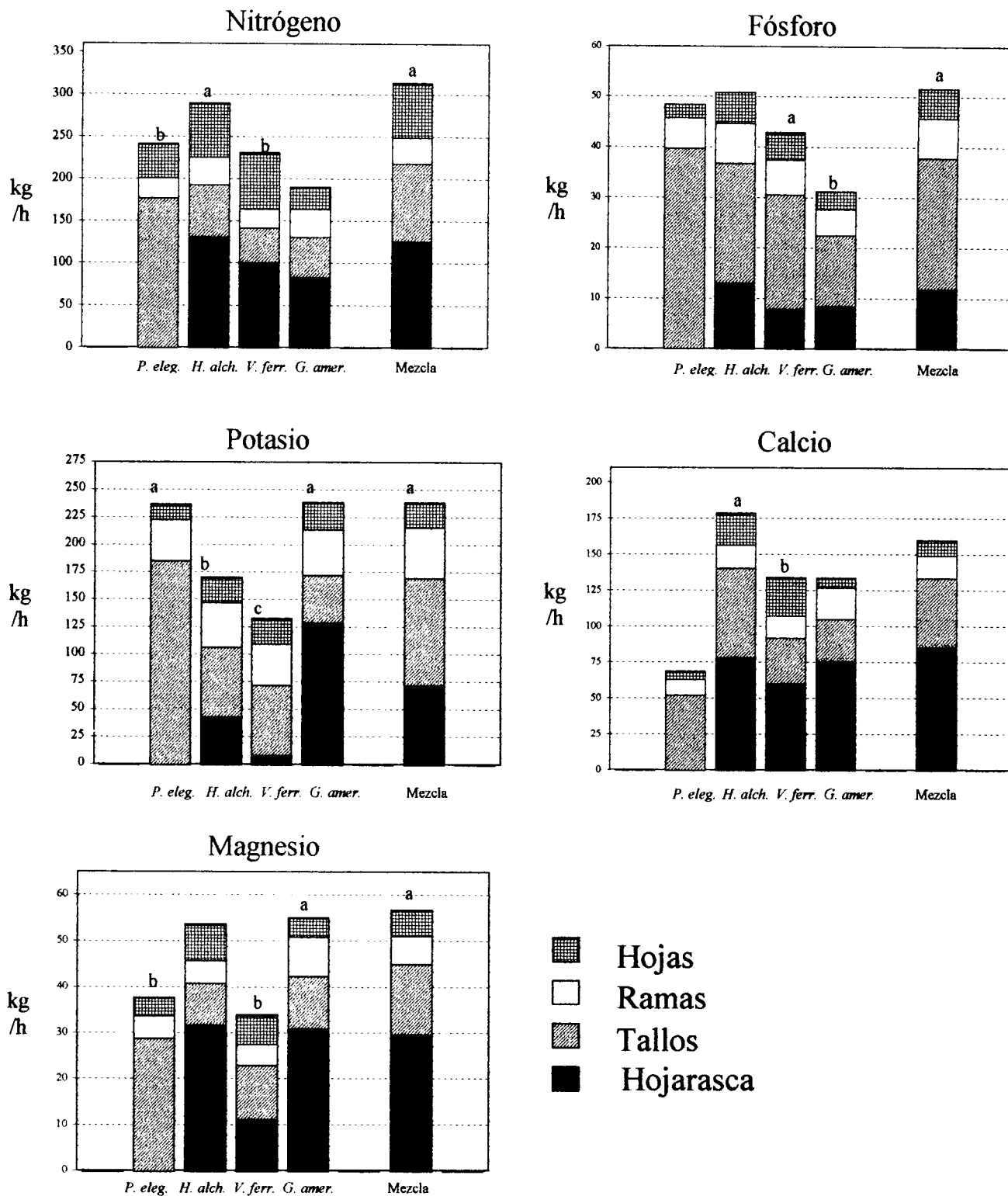


FIGURA 3



Contenido de nutrientes foliares en árboles de *Gmelina arborea*, *Terminalia amazonia*, *Terminalia superba* y *Vochysia guatemalensis* plantados en las tierras bajas húmedas de Costa Rica

Eugenio González & Jenny Pérez
Organización para Estudios Tropicales, Apdo. 676-2050 San Pedro, Costa Rica
Tel (506) 240-6696, Fax (506) 240-6783, Email: egonza@ots.ac.cr

Resumen

Información sobre la composición mineral foliar y las interacciones entre especies arbóreas y los nutrientes del suelo para la gran mayoría de especies de árboles tropicales no existe aún. De esta forma, el principal objetivo de este trabajo fue estudiar y comparar de elementos foliares de árboles de cinco años de edad de *Gmelina arborea* L., *Terminalia amazonia* (Gmel.) Exell, *Terminalia superba* Engl. & Diels (Afaró), and *Vochysia guatemalensis* D. Smith plantados en un Inceptisol y un Ultisol en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica (10°26'N, 86°59'W). Muestras foliares y de suelos se colectaron individualmente por árbol y especies en cada sitio y se analizaron para determinar el contenido de elementos foliares. Se encontraron diferencias entre las cuatro especies en el contenido de P, Ca, Mg, K, Zn, Cu, Fe, Mn y Al. Niveles significativamente más altos de Al ($> 25,000 \text{ mg kg}^{-1}$) y Ca (8.1 g kg^{-1}) se encontraron para *V. guatemalensis* en los dos suelos estudiados. Interesantemente, esta especie tuvo la concentración foliar más baja para los otros elementos estudiados; sin embargo, esta especie no parece sufrir deficiencias nutricionales dado que las tasas de crecimiento son iguales o mejores que las tasas de crecimiento de las otras especies estudiadas. *G. arborea* y *T. superba*, ambas especies exóticas en la región, parecen sufrir deficiencias de Ca y Mg, probablemente causado por el inbalance en el contenido de cationes en el suelo y los altos niveles de acidez y saturación de Al que caracteriza estos suelos. Para ambas especies se encontró una correlación negativa significativa ($P < 0.05$) entre el crecimiento en altura y la acidez del suelo en ambos suelos ($r > -0.55$ para *G. arborea* y $r > -0.65$ para *T. superba*), indicando la sensibilidad de estas especies a uno de los mayores problemas en suelos ácidos. Ningún efecto de este tipo se observó para *T. amazonia* y *V. guatemalensis*. Se encontraron muy pocas correlaciones significativas y consistentes entre las propiedades químicas del suelo y la concentración de elementos foliares de las especies estudiadas.

La utilización de nutrientes por melina (*Gmelina arborea Roxb.*) en plantaciones industriales en el Pacífico Sur de Costa Rica

Taller sobre nutrición forestal, CONARE, 2 de Junio, 2000

Donald Zeaser. M.Sc., Consultor¹
Director, Programa de Mejoramiento Genético
Ston Forestal S.A.
San José, Costa Rica

Resumen

Se ubicaron 62 parcelas permanentes de 400 m² en forma estratificada en 30 fincas forestales de Ston Forestal S.A. plantadas con melina sobre Inceptisoles y Ultisoles en el Pacífico Sur de Costa Rica. Se muestrearon los suelos en las parcelas permanentes cuando las plantaciones tenían 2 y 6.5 años de edad. Se categorizaron las parcelas permanentes según clases de sitio de crecimiento de volumen comercial en el quinto año.

Los parámetros edáficos analizados fueron: pH, K, Ca, Mg, Ac, P, Fe, Cu, Zn, Mn, % de acidez, CICE, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, y (Ca+Mg)/K. Se calculó la diferencia entre los promedios de cada parámetro edáfico, la cual fue expresada en términos del porcentaje del nivel del parámetro en el año dos.

En los suelos que soportan un vigoroso crecimiento de melina, Clases 1-1^a, y 2 hubo una reducción ligera de las bases, particularmente potasio, magnesio y aluminio libre. Mientras que en los suelos de crecimiento menor, Clases 3, 4, 5-6, hubo un aumento neto de las bases, principalmente debido a la marcada acumulación de calcio que anuló la reducción de potasio, magnesio y aluminio libre en estos suelos.

En los suelos de los Clases de Sitio 1-1^a y 2, se acumulan fósforo, y zinc y se perdió cobre y manganeso. La cantidad de hierro en estas clases de sitios no experimentó mucho cambio. Mientras que en las clases de sitios 3 y 4 de la melina, hubo acumulaciones marcadas de fósforo y zinc y acumulaciones de hierro, cobre y un descenso en la cantidad de manganeso. En las Clases de Sitio 5-6 hubo notables acumulaciones de fósforo, hierro, cobre, zinc y un descenso en la cantidad de manganeso.

¹ DONASA, San José, Costa Rica. Tel. (506) 296-6036, Fax (506) 220-0133

Abstract

Sixty-two 400 m² permanent plots were located in a stratified sample of 30 tree farms, planted with melina by Ston Forestal S.A. in Southwest Pacific Costa Rica. The permanent plot soils were sampled when the plantations were 2 and 6.5 years old. The permanent plots were divided into Site Classes based on commercial volume growth by the index year of 5.

The following soil parameters were analyzed: pH, Ca, Mg, Ac, P, Fe, Cu, Zn, Mn, Acid Saturation, CICE, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K and (Ca+Mg)/K. The difference between the means of each soil parameter for year 2 and 6.5 were expressed as a percentage of the year 2 level.

After 4.5 years, there was a slight reduction of the base saturation, particularly potassium, magnesium and free aluminum, on Site Class 1-1^a and 2 plots, where the melina trees were growing vigorously. On Site Class 3, 4, and 5-6 Sites, where the melina grew slowly to poorly, there was a net increase of the base saturation principally due to a marked accumulation of calcium, which offset the reduction of potassium and free aluminum.

Phosphorous and zinc increased in the Class 1-1^a and 2 soils but the amounts of copper and manganese in the soils were reduced. However, on melina Site Class 3 and 4 soils, there were notable increases of soil phosphorous and zinc as well as increases of iron and copper combined with a decline in manganese. Site Class 5-6 soils were marked by notable accumulations of phosphorous, iron, copper, zinc and a decline in the amount of manganese.

Introducción

Melina es nativa de La India, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, Tailandia y países vecinos. En estos países, se puede encontrar una frecuencia de 10% de melina en los bosques naturales dominados por la Teca, (*Tectona grandis*). En estas formaciones boscosas, generalmente se encuentra la melina concentrada en las bajuras húmedas.

En su rango natural, se encuentra melina en climas tropicales, con precipitaciones anuales entre 700 hasta 4500 mm. La especie es caducifolia y tolera períodos secos de hasta seis meses de duración.

Melina fue introducida en África hace dos siglos donde actualmente se le cultiva para la producción de madera sólida y para la producción de papel y combustible. Melina es cultivada en plantaciones industriales en Indonesia, Las Filipinas, Las Islas Solomonas, Venezuela, Colombia, Brasil, Panamá, Costa Rica y Guatemala.

Hay 30,000 hectáreas de melina en Costa Rica. En este país se utiliza la madera para construcción, mueblería, fabricación de lápices, y combustible. Se han exportado muebles de melina, madera dimensional para la manufactura de muebles y astillas para la producción de papel.

En el Pacífico Sur de Costa Rica, árboles de melina, plantados en suelos profundos y fértiles con una textura franco arcillosa alcanzaron una altura de 34 metros con un diámetro de 42 centímetros en ocho años. La especie es de crecimiento rápido con buena supervivencia cuando se planta en suelos de textura media, profundos, bien drenados y fertilidad de media a buena. Su crecimiento se ve restringido en suelos poco profundos.^{2 3}

En Costa Rica, Ston Forestal S.A. ha determinado las siguientes clases de índices de sitios en función de la producción de volumen de madera debajo de la corteza desde 30 cm hasta la altura del diámetro de 8 centímetros usando una edad de índice de 5 años⁴.

Clase de Sitio	Incremento medio anual en de volumen comercial
1	55 m ³ /ha/año, +/- 5 m ³
2	45 m ³ /ha/año, +/- 5 m ³
3	35 m ³ /ha/año, +/- 5 m ³
4	25 m ³ /ha/año, +/- 5 m ³
5	15 m ³ /ha/año, +/- 5 m ³
6	5 m ³ /ha/año, +/- 5 m ³

Esta es una escala conveniente para describir el potencial, en términos productivos, de un sitio o finca. Se considera que las Clases de Sitio de 1 hasta 3 son factibles para plantar melina para la producción de madera sólida. La Clase de Sitio 4 es marginal para plantaciones industriales y melina no es adaptable para este uso en las Clases de Sitio 5 y 6.

Consideraciones importantes sobre la calidad del sitio para la producción de madera de la melina son el contenido químico y la condición física. Brevemente, un suelo friable con 80 cm o más de profundidad efectiva y textura franco arcillosa produce

² CATIE. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Departamento de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, C.R. 228 p.

³ Greaves, A. 1981. Gmelina arborea. Forestry Abstracts 42(6):237-258.

⁴ Zeaser, Donald. 1999. Growth dynamics of the Melina plantations of Ston Forestal S.A. en Southwest Pacific Costa Rica. Kleinn, C and M. Koho (eds) 1999. Long-Term Observations and Research in Forestry. Proceedings of an IUFRO S4.11 International Symposium, held at CATIE, Costa Rica, Feb. 23-27, 1999. Pp 273-280.

excelente crecimiento de la melina, siempre y cuando el suelo sea moderadamente fértil.

Zeaser y Murillo ⁵ encontraron que el CICE (meq/100g) y la razón Ca/Mg influyeron positivamente en el crecimiento de melina en Inceptisoles. Murillo ⁶ determinó que los contenidos de Zn (ppm) y la razón ((Ca + Mg)/K) en el nivel de 0 – 15 cms de profundidad y el contenido de Zn en el nivel de 15 – 30 cms, afectaron positivamente la ecuación de regresión múltiple del crecimiento de melina en suelos Inceptisoles y Entisoles. Mientras que el pH y contenido de Fe en el nivel de 0 – 15 cms de profundidad y el contenido de pH, acidez, Fe, y Mn a los 15-30 cms afectaron negativamente la regresión múltiple del crecimiento de melina en las mismas clases de suelos.

Zeaser ⁷ reportó que el crecimiento de árboles jóvenes de melina respondió positivamente a aplicaciones de K, y Ca, a plantar, seguido por 100 g de urea, a los 2 – 3 meses. La dosificación de K y Ca y otros nutrientes fueron determinados aplicando una ecuación de regresión múltiple, determinada por Zeaser, a los resultados de los análisis químicos de los suelos. En el mismo trabajo se indicó que se puede distinguir entre la calidad de los sitios para plantar melina con los niveles de CICE (meq/100 g) y % de acidez. El nivel mínimo de CICE, en los suelos estudiados fue de 10 meq/100 g y el nivel óptimo era mayor que 15 meq/100 g.

Método

En 1992 se inicia la instalación de parcelas permanentes en las plantaciones industriales de la empresa Ston Forestal cuando estas cumplieron 2 años de edad. Las parcelas circulares tienen una área de 400 m² y fueron ubicadas subjetivamente, basados en un análisis visual del tamaño de los árboles. Se ubicó una en el punto central del mejor tercio, y la segunda en el punto central del peor tercio de las fincas forestales. El objetivo principal del establecimiento de las parcelas permanentes fue

⁵ Zeaser, Donald, Rafael Murillo. 1992. Evaluación de los factores edáficos limitantes al crecimiento temprano de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), plantado en suelos inceptisoles en la región Brunca de Costa Rica. En: Congreso forestal nacional, 2, Alajuela (Costa Rica) 25, 26 y 27 de noviembre de 1992. San José, C.R.: Litografía e Imprensa LIL, S.A. pp 55-57.

⁶ Murillo C, Rafael A. 1996. Evaluación de algunos factores ambientales que afectan la calidad de sitio a nivel de micrositio para melina (*Gmelina arborea* Roxb.) plantada en suelos planos en la zona sur de Costa Rica. Tesis. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias de Tierra y Mar, Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia, Costa Rica, 1996. 111 p.

⁷ Zeaser, Donald. 1997. El impacto del uso de herbicidas y abonos sobre el crecimiento de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) durante los primeros dos años de edad en el Pacífico Sur de Costa Rica. En: Congreso Forestal Centroamericano, 3, San José (Costa Rica) 1997. 15, 16 y 17 de setiembre de 1997. San José, C.R.: Impresos Belén S.A. 1997. P121-124.

la determinación de los factores ambientales que limitan el crecimiento de la melina. Al establecer las parcelas se hizo un muestreo de los suelos en los cuatro puntos cardinales de la parcela, siempre encima de los camellones, a una profundidad de 0 – 15 cms. El análisis de las muestras compuestas de cada parcela se realizó en el laboratorio de CAFESA en San José.

Las 62 parcelas permanentes utilizadas en este estudio fueron ubicadas en varios subgrupos de suelos: Inceptisoles (Typic Troapaquept, Fluventic Eutropept, Lithic Dystrandept, y Typic Dystrandept) y Ultisoles (Typic Hapludult y Typic Haplohumult)

Durante 1997, se volvió a realizar un muestreo de los suelos de las 62 parcelas permanentes que ya tenían aproximadamente 4 años de edad, utilizando el mismo método. Estas muestras también fueron analizadas en el laboratorio de CAFESA, San José.

Se organizaron los resultados de los dos análisis químicos de suelos en una tabla, junto con los datos de crecimiento en altura dominante y volumen de cada parcela. Se agruparon los datos de las parcelas permanentes según 5 clases de sitios (1-1^a, 2, 3, 4, y 5-6) determinados con los datos de crecimiento a la edad de 5 años. Se calculó el promedio, la desviación estándar y el intervalo de confianza de 95% para los datos: altura dominante, volumen comercial y peso verde y seco (aproximando 60% contenido de humedad) a los 5 años de edad. Además se calculó el promedio, la desviación estándar, el intervalo de confianza de 95% y el porcentaje de cambio entre los dos períodos del análisis químico de los suelos para: pH, K, Ca, Mg, AC, P, Fe, Cu, Zn, Mn, % acidez, CICE, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K y (Ca+Mg)/K, agrupados según la Clase de Sitio.

Resultados

Los resultados se presentan en las tablas siguientes ordenadas en función de las clases de sitio y elementos. En cuanto a las diferencias en edad de los árboles en las parcelas permanentes no eran exactamente 4.5 años. Se presentan los resultados de los análisis de suelos como la primera y segunda medición que variaba entre 3.5 y 4.5 años. Se presentan las diferencias porcentuales entre los niveles de cada elemento en términos de la pérdida o aumento registrado en la segunda medición relativa al primero. Se presenta el intervalo de confianza de 95%

⁸ Acon y Asociados S.A. 1989, Mapa: Asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. Programa de Zonificación Agropecuaria. MIDEPLAN. Costa Rica.

alrededor de cada parámetro para que se aprecie el significado de la pérdida o aumento entre los dos períodos de análisis.

Es útil recordar que las muestras de suelo fueron tomadas cuando los árboles de melina estaban en pie. En el año 2, los árboles habían alcanzado aproximadamente la tercera parte o menos del volumen comercial que tenían en el quinto año.

CUADRO 1

Altura dominante, peso verde y seco, niveles de pH y K en los suelos de 5 clases de sitio de melina en el Pacífico Sur de Costa Rica

	Alt. Dominate año 5	IMA vol. Comercial Año 5	Peso Verde/seco Año 5	Primer muestreo pH	Segundo muestreo pH	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo K	Segundo muestreo K	Perdida o aumento en periodo
	M	m ³ /año/ha	T/ha				MEQ/100g	MEQ/100g	
Sitio Clase 1 y 1^a, 3 parcelas									
Promedio	27.0	60.0	307 verde	5.3	5.3	0.0%	0.22	0.23	1.5%
d.e.	3.1475	6.4146	Seco -	0.9644	0.9644		0.1537	0.1779	
I.C. 95%	3.56	7.26	123 aprox.	0.88	1.09		0.17	0.20	
Sitio Clase 2, 9 parcelas									
Promedio	24.7	43.5	222 verde	5.3	5.3	-0.8 %	0.29	0.15	-50.0%
d.e.	1.2118	3.0520	Seco -	.04123	.4187		0.2569	0.1645	
I.C. 95%	0.79	1.99	89 aprox.	0.27	0.27		0.17	0.11	
Sitio Clase 3, 17 parcelas									
Promedio	22.1	35.5	181 verde	5.4	5.2	-2.6%	0.22	0.12	-43.9%
d.e.	1.2991	3.2625	Seco -	0.4554	0.4554		0.1415	0.0568	
I.C. 95%	0.62	1.55	72 aprox.	0.21	0.22		0.07	0.03	
Sitio Clase 4, 20 parcelas									
Promedio	19.8	24.8	127 verde	5.2	4.9	-5.9%	0.17	0.12	-31.2
d.e.	1.5936	2.9569	Seco -	0.5122	0.5493		0.0989	0.0422	
I.C. 95%	0.70	1.30	51 aprox.	0.22	0.24		0.04	0.02	
Sitio Clase 5 y 6, 13 parcelas									
Promedio	15.7	14.1	72 verde	5.1	4.7	-7.2%	0.18	0.15	-15.4
d.e.	2.2855	4.8353	Seco -	0.4743	0.4679		0.1252	0.1205	
I.C. 95%	1.24	2.63	29 aprox.	0.25	0.25		0.07	0.07	

La altura dominante y la IMA de volumen comercial se correlacionan, $r^2 = 0.91$. El pH, de la capa 0-15 cms, disminuyó después de 4 años en sitios 2 a 5-6 en forma inversa al aumento de la masa de melina. En sitios 2, 3 y 4 hubo un fuerte descenso la cantidad de K con relación al aumento de la masa de melina. En sitios 1-1^a hubo un ligero aumento de K.

CUADRO 2

Niveles de Ca, Mg, y acidez en los suelos de 5 clases de sitio de melina en el Pacífico Sur de Costa Rica

	Primer muestreo Ca	Segundo muestreo Ca	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo Mg	Segundo muestreo Mg	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo Ac	Segundo muestreo Ac	Perdida o aumento en periodo
	MEQ/100g	MEQ/100g		MEQ/100g	MEQ/100g		MEQ/100g	MEQ/100g	
Sitio Clase 1 y 1^a, 3 parcelas									
Promedio	17.52	17.27	-1.4%	3.89	3.72	-4.5%	1.73	1.60	-7.7%
d.e.	2.3301	1.1754		0.9430	0.8890		1.4640	1.5000	
I.C. 95%	2.64	1.33		1.07	1.01		1.66	1.70	
Sitio Clase 2, 9 parcelas									
Promedio	10.04	9.897	-1.7%	2.02	1.85	-8.5%	1.43	1.21	-15.5%
d.e.	9.0071	9.9487		1.5367	1.6329		2.5254	1.5485	
I.C. 95%	5.88	6.50		1.00	3.20		1.65	1.01	
Sitio Clase 3, 17 parcelas									
Promedio	12.69	15.21	19.9%	2.25	2.04	-9.4%	0.85	0.76	-10.3%
d.e.	11.5758	15.4749		1.9707	1.6653		0.6125	0.4686	
I.C. 95%	5.50	7.36		0.94	0.79		0.29	0.22	
Sitio Clase 4, 20 parcelas									
Promedio	8.65	9.55	10.5%	2.19	1.85	-15.4%	2.56	2.08	-18.7%
d.e.	7.9948	10.6577		1.7820	1.5132		3.2994	2.3634	
I.C. 95%	3.50	4.67		0.78	0.66		1.45	1.04	
Sitio Clase 5 y 6, 13 parcelas									
Promedio	8.10	9.32	15.1%	2.52	2.19	-12.9%	1.82	2.23	22.6%
d.e.	9.6236	13.2615		2.8422	2.5105		2.2425	2.3517	
I.C. 95%	5.04	6.95		1.49	1.32		1.17	1.28	

En 4 años, el Ca disminuyó ligeramente, pero no significativamente, en los suelos de sitios 1-1^a y 2. El contenido de la calcio aumentó notablemente en la capa de suelo de 0 – 15 cm en 4 años en sitios 3, 4 y 5-6. No hay relación clara entre la deposición de Ca en el suelo y la cantidad original 4 años antes. La demanda por Ca de los árboles de melina en las clases de sitio de rápido crecimiento era alta, pero esta se redujo en los sitios de mediano hasta muy bajo crecimiento en volumen comercial. El contenido de Mg bajó en todos los sitios en relación inversa con el crecimiento de la melina. El nivel de acidez, Ac (H⁺, Al), experimentó una importante reducción en las clases de sitios 1-1^a, 2, 3 y 4. La acidez aumentó en las clases de sitios 5-6. La reducción de Al libre en el suelo es probablemente el resultado del aumento de la materia orgánica, producto de la abundante caída anual de hojas de la melina.

CUADRO 3

Niveles de P, Fe, y Cu en los suelos de 5 clases de sitio de melina en el Pacífico Sur de Costa Rica

	Primer muestreo P	Segundo muestreo P	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo Fe	Segundo muestreo Fe	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo Cu	Segundo muestreo Cu	Perdida o aumento en periodo
	ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm	
Sitio Clase 1 y 1^a, 3 parcelas									
Promedio	6.00	9.00	36.8%	98	98	0.0%	6	5	-11.1%
d.e.	4.5092	5.5076		105.6456	100.1948		1.0000	1.5275	
I.C. 95%	5.10	6.23		119.55	113.38		1.13	1.73	
Sitio Clase 2, 9 parcelas									
Promedio	5.00	8.00	49.0%	121	128	5.4%	8	7	-5.9%
d.e.	2.6977	3.8873		60.2933	75.8715		2.7889	3.9511	
I.C. 95%	1.76	2.54		39.39	49.57		1.82	2.58	
Sitio Clase 3, 17 parcelas									
Promedio	5.00	6.00	30.0%	96	101	5.4%	7	8	8%
d.e.	2.4435	1.5765		52.2942	66.9800		3.8720	4.5617	
I.C. 95%	1.19	0.75		24.86	31.84		1.84	2.17	
Sitio Clase 4, 20 parcelas									
Promedio	4.00	7.00	61.7%	135	162	20.2%	7	8	5.4%
d.e.	2.5438	3.6343		97.7625	93.6868		2.9820	4.0167	
I.C. 95%	1.11	1.59		42.85	41.06		1.31	1.76	
	PPM	PPM		PPM	PPM		PPM	PPM	
Sitio Clase 5 y 6, 13 parcelas									
Promedio	3.77	5.54	46.9%	142	185	30.3%	7	10	38.5%
d.e.	1.6408	2.2955		87.6852	119.0565		4.0620	4.1910	
I.C. 95%	0.89	1.25		47.67	64.73		2.21	2.28	

Es evidente que la melina no requiere fósforo. Aunque los niveles de P en el suelo son superiores en el análisis del año 2, eran muy reducidos, caso de sitios 4 y 5-6, los árboles depositaron cantidades significativas de este elemento en el suelo. El contenido de hierro no aumentó en los sitios de mejor crecimiento, 1-1^a, y ligeramente, en las clases de sitio 2 y 3. En los sitios 4 y 5-6, hubo aumentos de Fe en el suelo relativamente altas, pero no significativas con relación a las cantidades en los suelos en el año 2. En los sitios más productivos, la melina produjo un déficit neto de Cu en el suelo. En los sitios menos productivos (3, 4, 5-6) hubo, después de 4 años un aumento neto de Cu en el suelo.

CUADRO 4

Niveles de Zn, Mn, y Acidez en los suelos de 5 clases de sitio de melina en el Pacifico Sur de Costa Rica

	Primer muestreo Zn	Segundo muestreo Zn	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo Mn	Segundo muestreo Mn	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo % Acidez	Segundo muestreo % Acidez	Perdida o aumento en periodo
	ppm	ppm		ppm	ppm		%	%	
Sitio Clase 1 y 1^a, 3 parcelas									
Promedio	1.2	2.4	98.4%	72	52	-27.8%	7.48	6.50	-13.0%
d.e.	1.0104	1.6720		46.8615	40.1497		6.2631	5.6473	
I.C. 95%	1.14	1.89		53.03	45.43		7.09	6.39	
Sitio Clase 2, 9 parcelas									
Promedio	1.3	1.3	2.2%	46	41	-10.9%	16.27	16.47	1.2%
d.e.	0.7569	0.5470		35.2448	33.9698		18.2660	16.7988	
I.C. 95%	0.49	0.36		23.03	22.19		11.93	10.98	
Sitio Clase 3, 17 parcelas									
Promedio	1.3	1.7	31.9%	60	49	-19.1%	13.56	14.39	6.1%
d.e.	0.6201	1.1720		61.9733	44.3087		12.9221	13.6439	
I.C. 95%	0.29	0.56		29.46	21.06		6.14	6.49	
Sitio Clase 4, 20 parcelas									
Promedio	1.3	1.7	36.2%	71	71	0.0%	20.39	22.31	9.4%
d.e.	0.6851	1.1609		66.9182	61.5431		18.3313	16.8644	
I.C. 95%	0.30	0.51		29.33	26.97		8.03	7.39	
Sitio Clase 5 y 6, 13 parcelas									
Promedio	1.5	2.2	51.9%	70	64	-9.7%	27.21	32.22	18.4%
d.e.	1.2306	1.6560		71.4503	51.6764		23.1358	23.4664	
I.C. 95%	0.67	0.90		38.84	28.09		12.58	12.76	

En cuatro años, los árboles de melina han depositado cantidades importantes de Zn en el suelo superficial de las plantaciones. El más notable es en el sitio 1-1^a donde casi duplicó la cantidad de Zn. La demanda de la melina para Mn en los sitios de mayor productividad (1-1^a, 2 y 3) ha sido fuerte durante los 4 años. Mientras que en los sitios 4 y 5-6 hubo entre ninguna pérdida hasta un ligero aumento de Mn. El porcentaje de acidez es una función compleja afectada por las acumulaciones de Ca y reducciones de K y Mg en el suelo superficial durante 4 años. Hubo una reducción del porcentaje acidez en las clases de sitio 1-1^a pero los demás sitios experimentaron un aumento del porcentaje acidez en relación inversa con respecto a la productividad de volumen comercial.

CUADRO 5

Niveles de CICE, Ca/Mg, y Ca/K en los suelos de 5 clases de sitio de melina en el Pacífico Sur de Costa Rica

	Primer muestreo CICE	Segundo muestreo CICE	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo Ca/Mg	Segundo muestreo Ca/Mg	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo Ca/K	Segundo muestreo Ca/K	Perdida o aumento en periodo
	MEQ/100g	MEQ/100g							
Sitio Clase 1 y 1^a, 3 parcelas									
Promedio	23.37	22.82	-2.4%	4.7	4.8	1.3%	97.6	111.8	14.6%
d.e.	0.9154	3.3103		1.4793	0.8992		42.2316	73.8248	
I.C. 95%	1.04	3.75		1.67	1.02		47.79	83.54	
Sitio Clase 2, 9 parcelas									
Promedio	13.79	13.53	-1.9%	4.6	5.2	13.8%	50.3	75.7	50.4%
d.e.	10.4589	12.5748		1.8217	2.8506		43.1542	52.1702	
I.C. 95%	6.83	8.22		1.19	1.86		28.19	34.08	
Sitio Clase 3, 17 parcelas									
Promedio	16.01	18.14	13.3%	6.1	7.1	16.8%	88.0	110.2	25.3%
d.e.	12.9367	16.5597		5.2622	6.4730		92.4573	113.4235	
I.C. 95%	6.15	7.87		2.50	3.08		43.95	53.92	
Sitio Clase 4, 20 parcelas									
Promedio	12.85	13.38	4.1%	3.8	5.0	31.2%	71.6	81.5	13.8%
d.e.	10.0978	12.2283		2.1054	3.2747		74.9716	88.3867	
I.C. 95%	4.43	5.36		0.92	1.44		32.86	38.74	
Sitio Clase 5 y 6, 13 parcelas									
Promedio	12.58	13.90	10.5%	3.5	3.6	3.1%	48.5	49.4	2.0%
d.e.	11.5494	15.2682		1.8308	2.7638		43.2943	64.1020	
I.C. 95%	6.28	8.30		1.00	1.50		25.53	34.85	

El nivel del intercambio catiónico total (CICE) en las clases de sitio 1-1^a y 2, refleja la pérdida de Ca, K, acidez, y Mg en el suelo superficial durante cuatros años. Mientras que en los sitios 3, 4, y 5-6 hubo un suficiente aumento en el Ca para anular las pérdidas de K y Mg. Los aumentos en las razones de los niveles de Ca/K y Ca/Mg, indica la reducción relativa de K y Mg en el suelo entre los dos períodos de análisis.

CUADRO 6

Niveles de Mg/K y (Ca+Mg)/K en los suelos de 5 clases de sitio de melina en el Pacífico Sur de Costa Rica

	Primer muestreo Mg/K	Segundo muestreo Mg/K	Perdida o aumento en periodo	Primer muestreo (Ca+Mg)/K	Segundo muestreo (Ca+Mg)/K	Perdida o aumento en periodo
Sitio Clase 1 y 1^a, 3 parcelas						
Promedio	24.2	25.8	6.7%	121.7	137.6	13.0%
d.e.	16.6806	19.9510		58.2342	93.7518	
I.C. 95%	18.88	22.58		65.90	106.09	
Sitio Clase 2, 9 parcelas						
Promedio	11.1	15.3	37.6%	61.4	91.0	48.1%
d.e.	8.8050	9.6606		51.0133	58.6332	
I.C. 95%	5.75	6.31		33.33	38.31	
Sitio Clase 3, 17 parcelas						
Promedio	14.9	15.0	0.5%	101.7	125.2	23.1%
d.e.	13.2622	10.8622		102.4896	118.9264	
I.C. 95%	6.30	5.16		48.72	56.53	
Sitio Clase 4, 20 parcelas						
Promedio	18.1	16.0	-11.5%	89.7	97.3	8.5%
d.e.	16.8279	13.2969		90.1815	99.3085	
I.C. 95%	7.37	5.83		39.52	43.52	
Sitio Clase 5 y 6, 13 parcelas						
Promedio	14.5	12.1	-16.1%	62.9	61.6	-2.2%
d.e.	10.4172	7.9124		50.7023	69.2562	
I.C. 95%	5.66	4.30		27.56	37.65	

En los suelos de las clases de sitio 1-1^a, y 2 los niveles de K en el suelo fueron reducidos con relación a los niveles de Mg. En los suelos de las clases de sitio 4 y 5-6, ocurrió un aumento en la cantidad de K con relación a Mg. La cantidad de K en el suelo, relativa a la suma de Ca y Mg, bajó en los cuatro años entre los dos análisis de suelos en todas las clases de sitios con excepción de clase 5-6.

En el Cuadro 7 se presenta un resumen de los cambios químicos registrados en los suelos en 62 parcelas permanentes en plantaciones de melina.

CUADRO 7

Cambios en la química de los suelos de plantaciones de melina entre las edades de 2 y 6.5 años en el Pacífico Sur de Costa Rica

Elemento	Cambio entre las edades de 2 y 6.5 años en suelos debajo de plantaciones de melina
pH	Clase de Sitio 1-1 ^a , sin cambio; Clases 2-3, baja; Clases 4, 5-6 baja mas fuerte
K	Clase 1-1 ^a , estable; Clase 2-3, fuerte baja; Clase 4, 5-6 baja
Ca	Clase 1-1 ^a , 2, ligera baja; Clase 3, 4, 5-6 fuerte aumento
Mg	Clase 1-1 ^a , 2, baja; Clases 3, 4, 5-6 baja más pronunciada
Acidez	Clases 1-1 ^a , 2, 3, 4, 5-6 baja
P	Clases 1-1 ^a , 2, 3, fuerte aumento; Clases 4, 5-6 muy fuerte aumento
Fe	Clases 1-1 ^a , 2, 3 estable hasta ligero aumento; Clases 4, 5-6, fuerte aumento
Cu	Clases 1-1 ^a , 2, baja; Clases 3, 4 aumento; Clase 5-6 fuerte aumento
Zn	Clase 1-1 ^a , fuerte aumento; Clase 2, ligero aumento; Clases 3, 4, 5-6, fuerte aumento
Mn	Clases 1-1 ^a , 2, 3, baja pronunciada; Clases 4, estable; Clase 5-6, baja
Sat. De Acidez	Clase 1-1 ^a baja; Clases 2, 3, 4 aumento; Clase 5-6 fuerte aumento
CICE	Clases 1-1 ^a , 2, ligera baja; Clases 3, 5-6, aumento; Clase 4, ligero aumento

Conclusiones

En los suelos que soportan un vigoroso crecimiento de la melina, clases 1-1^a, y 2 hubo una reducción ligera de las bases, particularmente potasio, magnesio y aluminio libre, mientras que en los suelos de menor crecimiento, clases 3, 4, 5-6, hubo un aumento neto de las bases principalmente debido a la marcada acumulación de calcio que anuló la reducción de potasio, magnesio y aluminio libre en estos suelos.

En los suelos de las clases de sitio 1-1^a y 2, se acumulan fósforo, y zinc y se perdió cobre y manganeso. La cantidad de hierro en estas clases de sitios no experimentó mucho cambio, mientras que en las clases de sitios 3 y 4 de la melina, hubo acumulaciones marcadas de fósforo y zinc y acumulaciones de hierro, cobre y un descenso en la cantidad de manganeso. En los clases de sitio 5-6 hubo notables acumulaciones de fósforo, hierro, cobre, zinc y un descenso en la cantidad de manganeso.

Se puede concluir que el potasio, calcio, magnesio, cobre, y manganeso son elementos importantes para el buen crecimiento de la melina en los suelos Inceptisoles y Ultisoles del Pacífico Sur de Costa Rica. En estos suelos se encuentra un exceso de fósforo, hierro, y zinc para esta especie forestal. La especie fue capaz de acumular calcio en el suelo superficial de las clases de sitio 3, 4 y 5-6.

Las plantaciones de melina han sido efectivas para reducir la acidez del suelo en todos los sitios con la excepción de los sitios 5-6, donde el crecimiento de la melina

fue muy pobre, y consecuentemente hay relativamente poca producción de hojarasca.

En cuanto a la mayor fracción de los nutrientes extraídos por un árbol, esta está contenida en las hojas, ramas y corteza y habrá que determinar los niveles de potasio, manganeso, cobre y manganeso en el suelo a un año, por lo menos, después de que se han cortado los árboles.

LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN *TECTONA GRANDIS* LINN.F. EN GUANACASTE, COSTA RICA

**William Fonseca G.
INISEFOR – UNA**

Resumen

Los resultados del estudio muestran la respuesta de *Tectona grandis* a la fertilización química a diferentes edades, en plantación, en dos localidades (Hojancha y Nandayure) en Costa Rica.

Se probaron 3 fórmulas completas de fertilizantes (N-P-K) a diferentes dosis, más úrea y un tratamiento control o testigo. Para la evaluación se determinó el incremento en diámetro y altura y el porcentaje de sobrevivencia durante la época seca. Los resultados demuestran que la fertilización en ambos sitios no afectó la sobrevivencia y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. El mayor incremento en diámetro y altura, Nandayure, se produjo con los tratamientos que poseen mayor contenido de nitrógeno o la combinación nitrógeno y fósforo (urea, 187 g/ árbol; 18-5-15-6-2, 175 g/ árbol; 15-15-15, 208 g/ árbol); mientras en Hojancha los mejores tratamientos son: 12-24-12, 130 g/ árbol; 18-5-15-6-2, 175 g/ árbol y 10-30-10, 104 g/ árbol.

Introducción

En Costa Rica, los problemas originados por la destrucción del recurso bosque han llevado a la toma de medidas de protección y motivar a los finqueros a participar en el proceso de reforestación. El uso de incentivos para la reforestación ha incrementado el área plantada y, con ello, la ejecución de prácticas sin conocer previamente su efectividad.

El uso de fertilizantes al momento de la plantación ha sido muy utilizado, sin conocer elementos nutricionales, fórmulas y dosis, para cada especie.

Bajo esta problemática, la Universidad Nacional inició un proyecto con el fin de aclarar dudas y generar información respecto al uso de estos agroquímicos, planteándose los siguientes objetivos:

- a. Determinar la efectividad de algunos fertilizantes en establecimiento de plantaciones de *Tectona grandis*.

- b. Determinar las mejores fórmulas de fertilizantes y dosis de aplicación para *Tectona grandis*.

Metodología

En Nandayure el área plantada presenta una topografía plana (1-3% de pendiente) y se encuentra dentro de la zona de vida de bosque seco tropical, a 50 msnm, con una precipitación media anual de 1386 mm, temperatura medias entre 24.4°C y 27.6°C, una humedad relativa de 76%. La velocidad del viento supera los 11.0 K/h en época seca, y posee, un brillo solar de 7 horas luz/día (Instituto Meteorológico Nacional, 1990).

Un reconocimiento de suelos reveló que el sitio tiene un drenaje rápido y drenaje natural moderado, sin erosión, ausencia de rocosidad y pedregosidad, textura liviana y buena profundidad efectiva¹. El análisis de laboratorio dio como resultado un pH de 6.7 de textura arenosa, un 3% de materia orgánica, 0.09% de nitrógeno, 28 ppm de fósforo y 0.35 meg./100 gr de suelo de aluminio.

En el sitio de Hojancha se encuentra dentro de la zona de vida de bosque seco tropical, a 125 msnm, con una precipitación media anual de 1386 mm, temperatura media entre 24.4 y 27.6 °C, una humedad relativa de 76 %. La velocidad del viento supera los 11.0 km/hora en época seca y posee un brillo solar de 7 horas luz/día (Instituto Meteorológico Nacional, 1990).

En cuanto a suelos posee un pH de 5.6, contenido medio de materia orgánica (3.4%), bajo en fósforo (8 ppm), 0.12% de nitrógeno, textura arenosa y alta capacidad de intercambio catiónico⁹.

Ambas plantaciones fueron establecidas en pseudoestacas y al momento de establecer los ensayos tenían 6 meses de edad, además no se había fertilizado.

Los ensayos se establecieron en bloques completos al azar con 7 tratamientos y 3 replicaciones. Cada tratamiento constó de 49 árboles, midiéndose solo los 25 del centro. La aplicación del fertilizante se hizo en círculo a medio metro del eje central del árbol.

En ausencia en el mercado nacional de fertilizantes a base de solo un elemento, se emplearon fórmulas completas en diferentes dosis. Los tratamientos utilizados fueron:

⁹ Mojica, B.F. 1984. Reconocimiento de suelos. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica Comunicación personal.

1. 25 kg N/ha 15-15-15 (104 g/ árbol).
2. 50 kg P/ha 10-30-10 (104 g/ árbol).
3. Testigo o control.
4. 50 kg N/ha 15-15-15 (208 g/ árbol).
5. 50 kg N/ha 18-15-6-2 (175 g/ árbol).
6. 50 kg P/ha 12-24-12 (130 g/ árbol).
7. 100 kg N/ha urea (187 g/ árbol).

Al momento de la fertilización se midió el diámetro al cuello de la raíz (cm) y la altura (m) de cada árbol. Estas mismas variables, y la sobrevivencia, se midieron en la época seca de los años siguientes.

Para analizar el efecto del fertilizante sobre el crecimiento de *Tectona grandis* se obtuvo el incremento en diámetro y en altura de todos los árboles en las diferentes mediciones con respecto a la primera.

Resultados y discusión

Un aspecto importante de destacar, es que para ninguna de las variables estudiadas (sobrevivencia, altura y diámetro), en ambos sitios, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre los tratamientos durante el periodo de evaluación; sin embargo, los resultados demuestran diferencias en crecimiento por tratamiento que se discutirán a continuación.

En el sitio de Nandayure (cuadro 1y figura 1) se observó mejor incremento en altura para los tratamientos con mayor contenido de nitrógeno (N), es decir, los tratamientos urea, 18-5-15- 6-2 y 15-15-15 (208 gr/ árbol). El efecto del fertilizante todavía persiste a la edad de 66 meses, sin embargo, este efecto al principio fue mayor con diferencias superiores a 1.5 m entre el tratamiento 7 (urea) con respecto al testigo, a los 66 meses ya es mínimo (0.21 m) y posiblemente en una próxima medición las diferencias serían prácticamente nulas.

El diámetro muestra un comportamiento similar a la altura, se evidencian diferencias de incremento entre tratamientos según se observa en el cuadro 2 y figura 2; donde a mayor contenido de N se produce mayor incremento; situación relacionada directamente con el análisis de suelo, donde existe alto contenido de fósforo y bajo en nitrógeno.

Para esta variable, solo en tratamiento 2 (10-20-10, 104 g/árbol) presenta incrementos inferiores al testigo. El tratamiento con mayor incremento es la urea, con diferencias con respecto al testigo de 1.44 cm, 1.85 cm y 1.43 cm a los 20, 31 y 43 meses respectivamente.

En Hojancha la altura (cuadro 3 y figura 3) muestra diferencias en incremento bastante marcadas, así tenemos que a los 91 meses los tratamientos 6 y 5 (12-24-12 y 18-5-15-6-2) son los de mayor incremento con valores promedio de 16.35 m y 16.29 m respectivamente, 1.21 m y 1.15 m más que el testigo. A esta edad sólo el tratamiento 1 (15-15-15, 104 g/ árbol) presenta un incremento menor al testigo (10 cm).

En el cuadro 3 también se observa que el tratamiento 6 (12-24-12, 130 g/ árbol) presenta diferencias de incremento con respecto al testigo de 0.52 m a los 8 meses después de la fertilización, entre los 21 y 54 meses las diferencias aumentan variando entre 1.22 m y 2.22 m; posterior a esa edad, las diferencias son menos marcadas (1.21 m).

El segundo tratamiento de mayor incremento (18-5-15-6-2) muestra diferencias con respecto al testigo de 0.48 m a los 8 meses y de 1.83 m, 2.02 m y 1.82 m a los 21, 32 y 43 meses respectivamente.

Para la variable diámetro los resultados (cuadro 4 y figura 4) muestran que la aplicación de fertilizante proporciona un efecto positivo en el crecimiento, así, a los 43 todos los tratamientos presentan valores superiores al testigo.

Los tratamientos 6 y 5 (12-24-12 y 18-5-15-6-2) poseen el incremento más alto, con diferencias respecto al testigo de 1.09 cm, 2.47 cm, 2.45 cm y 2.13 cm a los 8, 21, 32 y 43 meses respectivamente para el primero y para el segundo, diferencias de 0.83 cm, 2.2 cm, 2.15 cm y 2.13 cm en el mismo periodo.

Con base a los resultados obtenidos se pueden plantear las siguientes supuestos o interrogantes, las cuales requieren de estudios más profundos para su respuesta:

1. En zonas con características edáficas similares a las de los sitios donde se establecieron los ensayos pareciera que la especie no requiere fertilización al inicio de la plantación, bajando así considerablemente los costos de establecimiento.
2. Las dosis utilizadas y el tipo de fertilizante no son las más indicadas, aspecto que requiere de estudios más profundos para su comprobación.
3. Podría ser, que el poco efecto (según resultados estadísticos) del fertilizante sea debido a buenas condiciones de sitio, en este aspecto, el área posee buena fertilidad natural, buen drenaje y buena profundidad efectiva, condiciones del sitio muy importante para el crecimiento de la especie.

Tomando en consideración lo anterior y las diferencias en incremento de hasta 2.1 m en altura y 1.85 cm en diámetro a los 31 meses de la urea con respecto al testigo como se muestra en los cuadros 1 y 2, son valores a ser considerados por el técnico

forestal a la hora de decidir sobre el uso o no de fertilizantes; aunque hay conciencia de mayor investigación para que ésta se convierta en un verdadero valor de decisión.

Estas diferencias de crecimiento en diámetro y altura (aunque estadísticamente no significativas) son muy importantes y deben ser tomadas en cuenta técnicamente en el establecimiento de plantaciones, sobre todo a edades tempranas donde se requiere un crecimiento acelerado para disminuir la competencia con las malezas.

Resultados similares a los del presente estudio se han obtenido con la misma especie en países como Nigeria, Zambia, Sudán, Guinea del Norte, donde han utilizado fertilizantes a base de un elemento principal (*N,P,K,Ca*, etc.). Pero general los resultados han revelado pocas diferencias entre tratamientos y se ha observado que la combinación de N y P produce a menudo un aumento en crecimiento; pero el B solo algunas veces más bien parece reducirlo (Laurie, 198 Ojo y Jackson, 1974; Qhureshi y Yadav, 1967; Nwoboshi, 1984; Jackson, 1973).

Conclusiones

1. La fertilización no influyó en el porcentaje de sobrevivencia a ninguna edad. Además no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al testigo para las variables estudiadas.
2. Los fertilizantes con mayor contenido de N o la combinación N-P donde primero posee mayor contenido produjeron el mayor incremento en diámetro y altura.
4. Aunque estadísticamente no existan diferencias significativas entre tratamientos con respecto al testigo que permitan recomendar o no el uso de algún fertilizante, los datos de campo muestran diferencias de crecimiento que le permiten al técnico considerarlas para tomar decisiones al respecto, tomando en consideración otros factores como disponibilidad recursos económicos, mano de obra, tipo de suelo, etc.
5. Según los resultados obtenidos es difícil recomendar la fertilización como una práctica rutinaria, en caso de hacerlo, debería considerarse la utilización de fórmulas como úrea, 18-5-15-6-2 y 15-15-15 en las dosis utilizadas en este estudio.
6. Hay necesidad de estudios de mayor profundidad sobre este tema.

Bibliografía consultada

- INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL 1990. Anuario meteorológico, Estación de Nicoya. San José, Costa Rica. sp.
- JACKSON, J. K. 1973. Some results from fertilizers experiments in plantations (en Nigeria). Forest Research. No.23. 21 p.
- LAURIE, M.V. 1975. Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. Roma, Italia, F.A.O. 203 p. (Cuaderno de fomento forestal No. 19).
- NWOBOSHI, L. 1984. Growth and nutrient requeriments in a teak plantation age series in Nigeria. II. Nutrient accumulation and minimum requeriments. Forest Science 30 (1):3540.
- OJO, G.C.A. y J.K. JACKSON. 1974. The use of fertilizer in forestry in the drier tropics. Colloque international Sur L'utilisation des engraes in forest. París, Francia. 14 p. (FAO/IUFRO International Symposium of Forets Fertilization).
- QHURESHI, I.N. y J. YADAV. 1967. Use of fertilizer and manures in forestry. Indian forest (93):777-791.
- RODRÍGUEZ; D. FONSECA, W.; MORA, F. 1985. Ensayos de fertilización en *Tectona grandis* en la zona de Guanacaste, Costa Rica. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales. 57 p.

PRODUCCIÓN EN VIVERO DE TRES ESPECIES FORESTALES NATIVAS APLICANDO ABONO ORGÁNICO, EN LA ZONA ATLÁNTICA

Yael's Camacho Hernández ¹⁰

Resumen

Dentro del grupo de especies nativas producidas en un vivero forestal en la zona Atlántica, se escogieron para este estudio el pilón (*Hyeronima alchorneoides*), el amarillón (*Terminalia amazonia*) y el botarrama (*Vochysia ferruginea*) por ser especies utilizadas en la reforestación en Costa Rica. Se establecieron tres ensayos donde se probaron dos fuentes de abono orgánico con tres dosis de aplicación (5%, 10% y 15% de abono).

Las dos fuentes orgánicas provienen de las empresas agroindustriales Hacienda Juan Viñas y Cooperativa Agrícola Industrial Victoria, las cuales procesan los desechos de la caña de azúcar (cachaza, bagazo y ceniza) y del café (broza) para ser utilizados como abono orgánico.

Los mejores resultados con respecto al testigo en las variables de crecimiento y producción se obtuvieron con las dosis de 10% y 15% para ambas fuentes orgánicas, aunque el tratamiento Juan Viñas 15% fue el más sobresaliente con una ganancia entre un 104% y un 247% en crecimiento y de un 250% en producción para pilón; en el caso de amarillón las ganancias no fueron tan altas como pilón pero estuvieron por encima de un 48% en crecimiento y entre un 103% y un 249% en producción. La respuesta de botarrama fue muy diferente a las anteriores ya que todos los tratamientos con abono orgánico fueron inferiores al testigo por lo que ésta especie no se recomienda producir con esta clase de abono orgánico, en esta localidad.

Los resultados que se obtuvieron con dos de las tres especies forestales ensayadas nos demuestran que el uso de ciertos abonos orgánicos tiene el potencial de abastecer las plantas con las cantidades requeridas de nutrimentos, ya que los incrementos en las variables de crecimiento y producción de biomasa aligeran la producción reduciendo el tiempo de permanencia en el vivero.

¹⁰ INISEFOR, Universidad Nacional. Apartado postal 86-3000 Heredia, Costa Rica. e-mail: ycamacho@una.ac.cr o inisefor@una.ac.cr

Introducción

En los últimos años el uso de especies nativas en proyectos de reforestación ha tomado un auge significativo. Esto se debe a la necesidad de emplear especies que se adaptan mejor a condiciones de sitio y a la importancia de diversificar la reforestación con varias especies para aumentar el valor ecológico de las mismas. Sin embargo, debido a la falta de experiencia, en muchos casos no se obtuvo los frutos esperados, por lo que es urgente apoyar y continuar investigando las diferentes actividades silvícolas.

Dentro de las actividades silvícolas la producción de plántulas para la reforestación juega un papel importante y representa un campo especial que tiene sus propias características para producir plantas más o menos desarrolladas (PEÑALOZA, 1996). Dentro de esas características está la fertilización de las plantas, la cual en la mayoría de los viveros se hace por medio de fertilizantes químicos tanto sólidos como líquidos, dejando de lado los abonos orgánicos aún a sabiendas de las ventajas que estos ofrecen en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Los cambios que se han venido realizando en la legislación ambiental han sido muy importantes, fomentando el uso sostenido de los recursos naturales y la reducción de la contaminación. Un ejemplo de esto son las empresas que procesan los diferentes residuos orgánicos generados por sus actividades pecuarias o agroindustriales y que son las principales fuentes de contaminación de los ríos.

La disponibilidad de estos abonos orgánicos nos brinda la posibilidad de probarlos con fines silvícolas ya que las actividades relacionadas con la producción de árboles deben llevarse a cabo en una forma adecuada utilizando técnicas de fácil manejo y aplicación.

Con el fin de producir especies forestales nativas utilizando abonos orgánicos se inició en 1994 un proyecto de investigación en el Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional, donde se estudiaron diferentes fuentes y dosis para poder determinar por medio de su comportamiento la respuesta de los árboles al uso de abono orgánico como enmienda en vivero.

Objetivo

Evaluar la respuesta de pilón (*Hyeronima alchomeoides* Allemao), amarillón (*Terminalia amazonia* (J.F. Gmelin) Exell) y botarrama (*Vochysia ferruginea* Mart.) a la aplicación de abono orgánico en viveros forestales.

Materiales y Métodos

Características de los sitios

El Trabajo de campo de los tres experimentos se llevó a cabo en un vivero forestal localizado en Horquetas de Sarapiquí a una altitud de 90 msnm . Donde la condición climática se caracteriza por ser muy húmeda y caliente sin déficit de agua. La precipitación media anual oscila entre 3470 y 6850 mm; y la temperatura media anual entre 25 y 27° C. La vegetación de bosque tropical lluvioso de bajura (Gómez, 1996). El suelo es derivado de materiales volcánicos, oscuros, con baja saturación de bases y húmedos todo el año.

Origen de la semilla y material orgánico

La semilla de pilón, amarillón y botarrama fueron recolectadas de árboles seleccionados como semilleros en la zona de Sarapiquí, y puesta a germinar en bancales para su posterior repique (trasplante) en las bolsas.

El material orgánico se obtuvo de 2 empresas nacionales, las cuales procesan los desechos de sus materias primas para ser utilizadas como abono orgánico. Las 2 fuentes orgánicas son: abono de Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R. L.) y abono de la Hacienda Juan Viñas, donde la materia prima de ambas empresas consiste en una mezcla de residuos de café (broza) y caña de azúcar (cachaza, bagazo y ceniza). En el cuadro 1, se presenta la composición química de las dos fuentes de abono orgánico empleadas.

CUADRO 1

Composición química de las dos fuentes orgánicas utilizadas en los ensayos

Elemento	Abono Juan Viñas	Abono Victoria
N Total (%)	1,10	1,25
P (%)	0,88	0,95
K (%)	0,48	0,34
Ca (%)	3,18	1,94
Mg (%)	0,50	0,32
Fe (ppm)	290	20.567
Cu (ppm)	170	164
Zn (ppm)	230	174
Mn (ppm)	1030	706
pH (H ₂ O)	7,80	6,6
M.O. (%)	34,76	30,13

Tratamientos y diseño experimental

El trabajo de investigación de cada especie se hizo por medio del establecimiento de parcelas con diferentes fuentes y dosis de abono orgánico mezclado con el suelo del vivero para posteriormente repicar las plántulas de cada especie.

Los experimentos se establecieron con un diseño estadístico de bloques completamente al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos se definieron de acuerdo a las fuentes orgánicas disponibles en el año 1997. Los 7 tratamientos aplicados para las tres especies fueron los siguientes: Testigo, abono Juan Viñas 5%, abono Juan Viñas 10%, abono Juan Viñas 15%, abono Victoria 5%, abono Victoria 10% y abono Victoria 15%. Las parcelas experimentales fueron de 50 árboles sembrados en bolsa de los cuales se evaluaron 24, como parcela útil.

Las variables de crecimiento evaluadas fueron la altura total (cm) y diámetro al cuello de la raíz (mm); y las variables de producción de biomasa (g/planta) evaluadas fueron la de follaje y de raíz.

Discusión de resultados

Los resultados que se obtuvieron con dos de las tres especies forestales ensayados demuestran que el uso exclusivo de ciertos abonos orgánicos tiene el potencial de abastecer las plantas en un corto período de tiempo con las cantidades requeridas de nutrimentos, ya que los incrementos en las variables de crecimiento y producción de biomasa fueron mayores con abono orgánico respecto al testigo.

Los abonos orgánicos suministran cantidades suficientes de nutrimentos a los cultivos a largo plazo enfatizando su papel como mejoradores de la estructura del suelo; sin embargo, muchos agricultores orgánicos de Centroamérica han demostrado que se puede producir, de manera intensa y sostenible, cosechas tan altas como en las fincas en donde se usan abonos químicos con solo abono orgánico (Vandevivere, P.; Ramírez, C., 1995).

En el Cuadro 2 se resumen los resultados de las variables de crecimiento: altura total (h), diámetro al cuello de la raíz (d_b) y el porcentaje de ganancia de las especies pilón, amarillón y botarrama. Como puede observarse todos los tratamientos aplicados a pilón y amarillón mostraron mejor comportamiento que el testigo no así para botarrama. Donde la aseveración de que el abono orgánico sirve para todas las especies no se aplica ya que no hubo respuesta con ésta especie.

En cuanto a la variable de altura, pilón presentó una ganancia por encima del 100% a los 92 días de trasplantado a bolsa con la dosis de 5% para ambas fuentes y superior al 200 % para las dosis de 10 y 15%; siendo el tratamiento con Juan Viñas

15% el de mayor ganancia con un 247 %. La variable del diámetro de cuello de la raíz presentó ganancias entre 55 % y 104%, siendo Juan Viñas 15% la mayor. El tiempo de permanencia en el vivero para pilón es de 5 a 6 meses con el método convencional (ACEN, 1994); en este estudio se logró reducir el tiempo a tres meses.

Los incrementos en altura para amarillón fueron significativos pero menores a los obtenidos por pilón ya que la ganancia estuvo entre un 21% y un 62%, siendo el tratamiento Juan Viñas 15% el mayor. La variable de diámetro al cuello fue estadísticamente significativa al nivel del 5%, donde los tratamientos Juan Viñas 10, Juan Viñas 15%, Victoria 10 y Victoria 15 % fueron los de mayor rendimiento con una ganancia entre un 43 a un 60%. El tiempo de permanencia en el vivero fue de tres meses aplicando estas dosis, lo que normalmente requiere un lapso de 8 a 12 meses (Flores, E., 1994 y ACEN, 1994). La calidad de estas dos fuentes de abono orgánico se demuestra con los rendimientos que presentan dichas especies al incrementar en casi tres veces el crecimiento.

En un estudio realizado por Rojas y Torres (1988), se probaron cuatro tipos de abono orgánico en cuatro especies forestales de altura (ciprés, cirrí, trueno y tirrá), se pudo determinar que para todas las especies estudiadas el abono compuesto por un 50% de porcinaza, 40% alimentos caseros y un 10% de pasto y aserrín superó los valores del testigo en un 35% para la altura y diámetro al cuello. Esto es de esperarse ya que este tipo de abono es altamente rico en nitrógeno, elemento esencial para una adecuada actividad microbiana (Costa et al, 1991).

En el caso de botarrama no hubo respuesta a la aplicación de abono orgánico ya que todos los tratamientos orgánicos fueron inferiores al testigo, se ha detectado que en sustratos muy arenosos aparentemente el árbol no desarrolla adecuadamente, la proporción de arcilla debe ser superior a la arena (ACEN, 1994), lo cual se demuestra con el suelo empleado en el vivero ya que la textura del suelo es franco arenosa (52-58% de arena). El tiempo de permanencia en el vivero es de 4 a 5 meses utilizando fertilizantes foliares (ACEN, 1994), en el momento de la evaluación de crecimiento el botarrama apenas tenía tres meses de repicado y la altura del testigo era de 10 cm., presentando una sobrevivencia promedio de 78% (Cuadro 4), desafortunadamente no se pudo seguir con la evaluación de este ensayo puesto que la mortalidad de los árboles en las parcelas con abono orgánico aumentó.

La producción de biomasa foliar y de raíces fue estadísticamente diferente al nivel del 5% para los tratamientos aplicados, en el Cuadro 3 se aprecia que tanto pilón como amarillón tuvieron un incremento en biomasa de foliar entre 73% hasta 249%, donde los tratamientos Juan Viñas 10 y 15% presenta el valor más alto para pilón (189 y 250% de ganancia) y Juan Viñas 15% para amarillón (249% de ganancia), Camacho et al en 2000, indican que esta especie presentó una respuesta similar con la dosis de 15% con las mismas fuentes orgánicas. En la biomasa radical los resultados indican que el tratamiento Juan Viñas 15% fue el mejor para pilón y que el tratamiento Juan Viñas 10% y 15% son los mejores para amarillón; en un estudio

similar donde las dosis eran mayores a las que aquí se ensayaron, el tratamiento Juan Viñas 15% obtuvo un rendimiento intermedio con un incremento de casi tres veces el testigo (Camacho *et al.* 2000).

CUADRO 2

Crecimiento promedio y porcentaje de ganancia en altura (h) y diámetro del cuello (d_b) de pilón (*Hyeronima alchorneoides*), Amarillón (*Terminalia amazonia*) y Botarrama (*Vochysia ferruginea*), especies forestales producidas en vivero aplicando diferentes dosis y fuentes orgánicas, en Horquetas de Sarapiquí durante el año 1997.

Fuente orgánico y dosis	PILÓN		AMARILLON		BOTARRAMA		GANANCIA PILÓN		GANANCIA AMARILLON		GANANCIA BOTARRAMA	
	h cm	d _b mm	h cm	d _b mm	h cm	d _b mm	h %	d _b %	h %	d _b %	h %	d _b %
Testigo	8,41 d	2,09 e	16,43 d	1,84 c	10,33 a	1,63 a	--	--	--	--	--	--
Juan Viñas 5%	20,18 c	3,24 d	19,91 c	2,26 b	8,61 b	1,43 b	139,95	55,02	21,18	22,82	-16,65	-12,27
Juan Viñas 10%	26,65 b	4,13 ab	24,36 b	2,82 a	7,80 c	1,27 c	216,88	97,61	48,26	53,26	-24,49	-22,08
Juan Viñas 15%	29,22 a	4,27 a	26,71 a	2,74 a	8,28 bc	1,32 c	247,44	104,36	62,57	48,91	-19,84	-19,02
Victoria 5%	19,52 c	3,26 d	21,88 c	2,63 ab	10,03 a	1,63 a	132,10	55,98	33,17	42,93	-2,9	0
Victoria 10%	25,29 b	3,77 c	24,03 b	2,95 a	8,73 b	1,43 b	200,71	80,38	46,25	60,32	-15,49	-12,27
Victoria 15%	26,03 b	3,90 bc	21,67 c	2,75 a	8,62 b	1,36 bc	209,51	86,60	31,89	49,45	-16,55	-16,56
PROMEDIO	22,26	3,53	22,08	2,57	8,91	1,44						

Tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares al nivel del 5%.

CUADRO 3

Producción de Biomasa foliar (Bf) y Biomasa radicular (Br) y porcentaje de ganancia de Pilón (*Hyeronima alchorneoides*) y Amarillón (*Terminalia amazonia*), especies forestales producidas en vivero aplicando diferentes dosis y fuentes orgánicas, en Horquetas de Sarapiquí durante el año 1997.

Fuente orgánico y dosis	PILÓN		AMARILLÓN		GANANCIA PILÓN		GANANCIA AMARILLÓN	
	Bf g/planta	Br g/planta	Bf g/planta	Br g/planta	Bf %	Br %	Bf %	Br %
Testigo	0,76 d	0,25 c	0,95 c	0,28 c	--	--	--	--
Juan Viñas 5%	1,32 cd	0,55 b	1,81 bc	0,43 bc	73,68	120,00	90,52	53,57
Juan Viñas 10%	2,20 a	0,69 b	2,63 ab	0,66 a	189,47	176,00	176,84	135,71
Juan Viñas 15%	2,66 a	0,87 a	3,32 a	0,57 ab	250,00	248,00	249,47	103,57
Victoria 5%	1,41 bc	0,54 b	2,37 ab	0,57 ab	85,52	116,00	149,47	103,57
Victoria 10%	2,03 ab	0,66 b	3,01 ab	0,60 ab	167,10	164,00	216,84	114,28
Victoria 15%	1,99 ab	0,66 b	2,63 ab	0,59 ab	161,84	164,00	176,84	110,71
PROMEDIO	1,77	0,60	2,38	0,53				

Tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares al nivel del 5%.

CUADRO 4

Porcentaje de sobrevivencia de las tres especies según las fuentes orgánicas y las dosis aplicadas.

Fuente orgánico y dosis	pilón	amarillón	botarrama
T1-Testigo	76,55 a	82,15 ab	73,56 a
T2-Juan Viñas 5%	76,55 a	70,78 ab	73,56 a
T3-Juan Viñas 10%	86,06 a	82,15 ab	80,48 a
T4-Juan Viñas 15%	82,14 a	69,17 b	73,58 a
T5-Victoria 5%	86,07 a	84,40 a	80,48 a
T6-Victoria 10%	86,07 a	73,58 ab	82,15 a
T7-Victoria 15%	84,40 a	73,09 ab	77,50 a
PROMEDIO	82,55	76,47	77,97

Recomendaciones

La calidad de las dos fuentes orgánicas empleadas en estos ensayo es alta, donde la aplicación del abono al suelo en una proporción suelo:abono de 85:15, aumentaron hasta casi tres veces el crecimiento y la producción de biomasa de pilón y amarillón respecto al testigo sin fertilización. . El tiempo de permanencia en el vivero se redujo considerablemente factor importante que puede ayudar a incrementar la producción en el vivero.

Para botarrama no se recomienda el uso de estas dos fuentes de abono orgánico mientras el tipo de suelo que se use como sustrato sea franco arenoso ya que como se indico anteriormente dicha especie no se desarrolla adecuadamente en este tipo de suelo. Se recomienda incluir otras fuentes orgánicas en la producción forestal en vivero y así aumentar las posibilidades de producir árboles de mejor calidad y homogéneos.

Bibliografía

Asociación Costarricense para el Estudio de Especies Forestales Nativas (ACEN). 1994. Encuentro regional sobre Especies Forestales Nativas de la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica. Memoria. Compilado por ACEN. Heredia, Costa Rica. 86 p.

Blanco, M.J.; et al. 1996. Estudio integrado para la recuperación de suelos degradados mediante el uso de compost de residuos sólidos urbanos (RSU) en la comunidad Autónoma de Madrid. En: III Taller. Técnicas de aprovechamiento de desechos y

tecnologías limpias. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) . Del 29 al 31 de agosto, 1996. Cartagena de Indias, Colombia. p. 42-47.

Camacho, Y., Fonseca, W. y Paniagua, A. 2000. Respuesta del amarillón (*Terminalia amazonia*) a la aplicación de abono orgánico en vivero. Revista Forestal Centroamericana N° 29 (1-3): 10-13, De. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Costa, F; García, C.; Hernández, T. y Polo, A. 1991. Residuos Orgánicos Urbanos. Manejo y Utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Centro de Ciencias Ambientales. Murcia, España. 181 p.

Chacón, Y; García, J. y Guier, E. 1991. Introducción a la problemática ambiental costarricense: principios y posibles soluciones. Antología. Programa de Educación Ambiental. Universidad Estatal a Distancia UNED-PEA/UNED. San José, Costa Rica. 220 p.

Flores, E. 1994. Árboles y semillas del Neotrópico. Vol. 3, N° 1 (1994). San José, C.R.: Museo Nacional de Costa Rica. *Terminalia amazonia* (J.F. Gmelin) Exell. 55-86 p.

Flores, E. 1994. Árboles y semillas del Neotrópico. Vol. 2, N° 1 (1994). San José, C.R.: Museo Nacional de Costa Rica. *Vochysia ferruginea* Mart: 23-52 p. y *Hyeronima alchorneoides* Allemao: 53-73 p.

Fundación Neotrópica. 1988. Desarrollo socioeconómico y el ambiente natural de Costa Rica. Situación Actual y perspectivas. Serie informa sobre el Estado del Ambiente. Primer Informe. Editores: Alonso Ramírez solera y Tirso Maldonado Ulloa. San José, Costa Rica. Editorial Heliconia. 160 p.

Hacienda Juan Viñas. 1995. Abono Orgánico. Hacienda Juan Viñas. Mimeografiado.

Peñaloza, W. R. 1996. Manual de vivero forestal. Curso Internacional O.E.A: Ecología Forestal y Silvicultura. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 123p.

Quesada, C.B. 1995. Elaboración de Abono Orgánico en COOPEVICTORIA R.L. y su aporte en la conservación ambiental. Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L. Grecia, Costa Rica. 3 p. Mimeografiado.

Rojas, F.; Torres, G. 1988. Efecto de enmiendas orgánicas en viveros forestales. Departamento de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica, ITCR. Cartago, Costa Rica. 25p.

Vandevivere, P.; Ramírez, C., J.1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. En: Agricultura orgánica: Memoria sobre el simposio Centroamericano. Compiladores Jaime García y Julián Monge. 1º De. EUNED San José, C.R. 121-140 p.

APORTES ADICIONALES RELACIONADOS CON LA TEMÁTICA DEL TALLER

**REFORESTACION CON ESPECIES NATIVAS
PARA LA RECUPERACION DE AREAS DEGRADADAS:
EXPERIENCIAS EN TRES REGIONES DE LATINOAMERICA**

**Florencia Montagnini¹, Manuel Guariguata¹, Ana Mariscal¹, Natasha
Ribeiro¹, Daniel Shepherd²**

**¹ Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
(7170) Turrialba
Costa Rica**

**²School of Forestry and Environmental Studies,
Yale University, New Haven, CT, U.S.A.**

**Ponencia presentada en el
1er. SEMINARIO CENTROAMERICANO:
LA REFORESTACION: UNA ALTERNATIVA SOCIAL, ECONOMICA Y
AMBIENTAL ANTE LOS DESASTRES NATURALES
PROGRAMA EL CAJON
AFE/COHDEFOR-BID
SIGUATEPEQUE, HONDURAS, 14-16 DE JULIO, 1999**

Resumen

Las plantaciones forestales pueden brindar múltiples beneficios tales como producción de madera, protección del suelo, captura de carbono atmosférico, y protección de cuencas hidrográficas. Además el uso de plantaciones con especies nativas mono-específicas o mixtas puede desempeñar un papel importante en la recuperación de suelos, y la estructura y diversidad florística de ecosistemas tropicales degradados. En este trabajo se presentan resultados de ensayos de rehabilitación de áreas degradadas con especies forestales nativas, crecimiento de especies en plantación pura y mixta, y el papel de las plantaciones como aceleradoras de la recuperación de la biodiversidad.

Un programa de investigación para estudiar los impactos de especies arbóreas nativas de valor económico sobre la rehabilitación de la fertilidad del suelo en tierras abandonadas tuvo lugar en 1987-1999, en tres regiones húmedas de Latinoamérica: las tierras bajas del Atlántico de Costa Rica, el bosque lluvioso del Atlántico ("Mata Atlántica") de Bahía, NE de Brasil, y el bosque húmedo subtropical de Misiones, NE de Argentina. En las tres regiones, se comparó la fertilidad de los suelos bajo un total de 29 especies arbóreas indígenas, incluyendo leguminosas fijadoras de nitrógeno, como así también otras familias, en rodales mono-específicos de 3 a 20 años de edad, en relación con áreas adyacentes sin cobertura arbórea, y bosques secundarios. Se encontraron mejoras en la fertilidad del suelo bajo aproximadamente la mitad de las especies estudiadas, alcanzando en muchos casos valores de materia orgánica, nitrógeno o cationes, cercanos a aquellos encontrados en bosques secundarios de 20 años de edad.

Con el objetivo de ampliar las posibilidades de especies adecuadas para la rehabilitación de áreas degradadas y ensayar diseños alternativos, otra investigación comenzó en 1991 y aún continúa, en una región de bosque húmedo tropical de Costa Rica. En este trabajo se informan resultados de mediciones de crecimiento y biomasa en rodales mixtos y puros en tres plantaciones experimentales de seis años de edad en la zona norte de Costa Rica, de doce especies nativas: Plantación 1: *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Vochysia guatemalensis* D. Sm., *Calophyllum brasiliense* Cambess y *Stryphnodendron microstachyum* Poepp. et Endl.; Plantación 2: *Terminalia amazonia* (Gmel.) Exell., *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell, *Virola koschnyi* Warb y *Albizia guachapele* (H.B.K.) Little; Plantación 3: *Hyeronima alchomeoides* Fr. Allemao, *Pithecellobium elegans* (D.C.) Benth., *Genipa americana* L. y *Vochysia ferruginea* Mart.

En la Plantación 1, *Jacaranda copaia* en rodales mixtos tuvo la mayor biomasa, más del doble que en plantación pura, seguida por *Vochysia guatemalensis*, también con mayor biomasa en plantación mixta que en pura. En la Plantación 2, la mayor biomasa total por hectárea se encontró en la plantación mixta de 4 especies, seguida por *D.*

panamensis, *T. amazonia*, y *V. koschnyi*. En la Plantación 3, *Hyeronima alchorneoides* tuvo la mayor biomasa, seguida por *V. ferruginea* y la plantación mixta.

Además, se compara la regeneración natural en el sotobosque de las plantaciones de ocho de estas mismas especies nativas en parcelas monoespecíficas y mixtas. La regeneración arbórea fue más exitosa bajo plantaciones forestales que en potreros abandonados. En las condiciones de estos ensayos (especies y ambiente), las especies más exitosas para recuperar potreros abandonados fueron *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *V. koschnyi*, y las plantaciones mixtas. La regeneración arbórea fue mayor bajo las especies cuya caída de hojarasca y acumulación de mantillo fueron más abundantes. La producción elevada de hojarasca y acumulación de mantillo contribuyen a inhibir el crecimiento de pastos, favoreciendo así la competencia por especies arbóreas.

Los resultados de estas investigaciones sugieren que las plantaciones forestales con especies nativas pueden cumplir una función social y económica, proveyendo productos arbóreos y contribuyendo a la rehabilitación de áreas degradadas, a la absorción de carbono atmosférico y a la recuperación de la biodiversidad. Políticas adecuadas de los gobiernos son necesarias para promover por medio de incentivos u otras medidas, la reforestación de áreas degradadas con el uso de sistemas diseñados para estos objetivos múltiples.

Palabras clave: árboles nativos, biomasa, plantaciones mixtas, rehabilitación de suelos, regeneración natural

Introducción

Las plantaciones forestales pueden brindar múltiples beneficios tales como producción de madera, protección del suelo, captura de carbono atmosférico, y protección de cuencas hidrográficas. Además el uso de plantaciones con especies nativas monoespecíficas o mixtas puede desempeñar un papel importante en la recuperación de suelos, y la estructura y diversidad florística de ecosistemas tropicales degradados (Lugo 1992, Montagnini and Sancho 1990, Guariguata et al. 1995, Parrotta 1992, 1995).

Los principales factores limitantes para la regeneración en pastizales abandonados en regiones de bosque húmedo tropical pueden incluir escasez de nutrientes, niveles altos de compactación del suelo, falta o exceso humedad en el suelo, elevada radiación solar, y competencia intra e interespecífica (Nepstad et al.1991). Además otro elemento limitante crítico es la disponibilidad de semillas, especialmente en sitios cuyo tamaño o distancia de fuentes semilleras pueda limitar la dispersión de propágulos.

El paso inicial en proyectos de rehabilitación de ecosistemas es identificar los impedimentos que presenta el sitio con respecto a la productividad de árboles o

cultivos, como así también definir los objetivos específicos de la recuperación del sitio. Algunos suelos pueden ser recuperados a través de la incorporación de fertilizantes, otros necesitan técnicas de rehabilitación más drásticas, y existen situaciones de extrema degradación donde los suelos ya no pueden ser recuperados (Dedecek 1992). Este artículo focaliza en la rehabilitación de tierras abandonadas después de agricultura intensiva o pastoreo en los trópicos húmedos. El propósito de la rehabilitación es recuperar la capacidad productiva a través de la implementación de sistemas de uso de la tierra adaptados a la región e incluyendo especies maderables nativas de valor económico.

La recuperación de la capacidad productiva de los suelos es frecuentemente cara, por lo tanto las técnicas involucradas deben producir retorno financiero para que los productores locales las adopten. También es importante la disponibilidad de semillas o plantines, así como poseer información sobre las características silviculturales y de manejo. En muchos casos, la posibilidad de realizar cultivos intercalares durante los primeros años de establecimiento del sistema forestal facilita su adopción, al proporcionar un retorno financiero a corto plazo.

En este trabajo se presentan primeramente resultados de ensayos de recuperación de terrenos degradados por medio de plantaciones forestales con especies nativas en tres regiones de bosque tropical húmedo de América Latina. Seguidamente, para especies forestales nativas de Costa Rica se presentan resultados de mediciones de productividad en diseños silviculturales de plantaciones puras y mixtas. Finalmente, para un subgrupo de estas mismas especies, se demuestra el papel de las plantaciones forestales para acelerar la recuperación de la diversidad.

Rehabilitación de áreas degradadas con especies forestales nativas

De 1987 a 1999 se llevó a cabo un programa de investigación para desarrollar alternativas para la rehabilitación y uso de tierras abandonadas, en tres regiones de Latinoamérica: las tierras bajas húmedas del Atlántico en Costa Rica, la selva lluviosa atlántica ("Mata Atlántica"), de Bahía, Brasil y el bosque húmedo subtropical de Misiones, NE de Argentina (Tabla 1). En estas regiones, persisten situaciones de deforestación, pérdida de biodiversidad, uso inadecuado de recursos y degradación de la tierra, y a la vez existe interés por parte de instituciones y productores privados en implementar usos productivos de la tierra y tendientes a la recuperación de áreas degradadas.

a- Llanura del Atlántico, Costa Rica

En Costa Rica, el área experimental está ubicada en la Estación Biológica La Selva (Tabla 1). La fertilidad del suelo fue medida bajo plantaciones monoespecíficas de cuatro especies, incluyendo leguminosas fijadoras de nitrógeno como así también

especies pertenecientes a otras familias: *Stripnodendron microstachyum* Poepp. et Endl. (sinon: *excelsum*), *Vochysia ferruginea* Mart., *Vochysia guatemalensis* Donn.Sm. (sinon: *hondurensis*) y *Hyeronima alchorneoides* (O). Los resultados mostraron que cuando los árboles alcanzaron los 2.5 años de edad, las condiciones del suelo fueron mejoradas comparadas con terrenos de pasturas abandonadas: en los 15 cm superiores, los contenidos de nitrógeno total del suelo y materia orgánica fueron mayores bajo cobertura arbórea que bajo pastos, con valores cercanos a los encontrados en un bosque adyacente de 20 años de edad (Tabla 2). Los valores más altos de materia orgánica, N total, Ca y P extraíbles se encontraron bajo *Vochysia ferruginea*, una especie de la familia *Vochysiaceae*, abundante en bosques secundarios de la región (Montagnini y Sancho 1990a, 1990b). Otros efectos incluyen el incremento del contenido del Ca y Mg extraíble en el suelo a niveles cercanos a los aceptables para la agricultura convencional en la región (Berstch 1986). Resultados similares fueron obtenidos en los tres años subsiguientes (Montagnini y Sancho 1994a).

En estos suelos, la materia orgánica fue responsable de la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico (Montagnini y Sancho 1990a, b): basado en la relación entre la materia orgánica del suelo y la suma de bases (Ca+Mg+K), un incremento de 1-2% en el contenido de materia orgánica del suelo en el rango de 4-6%, resultó en un incremento de más del doble en el contenido de bases. La materia orgánica del suelo tuvo también influencias positivas sobre las propiedades físicas: la densidad aparente del suelo fue menor (es decir, menor compactación) mientras que el contenido de humedad fue mayor bajo cobertura arbórea que bajo pastos.

Otros efectos de las especies estudiadas sobre el N y P del suelo resultaron aparentes en los estudios de reciclaje de nutrientes y de disponibilidad de N mineral en el suelo. Por ejemplo, bajo *S. microstachyum*, una especie leguminosa fijadora de nitrógeno (Baker y Montagnini 1994), la hojarasca rica en nitrógeno se descompuso más rápido que las demás especies, resultando en un incremento del nitrógeno mineral del suelo (Montagnini y Sancho 1994b). Asimismo, con el agregado al suelo de hojarasca de *S. microstachyum* y *H. alchorneoides*, plántulas de maíz mostraron mayor crecimiento inicial y mayor grado de absorción de N y P que plántulas con el agregado de hojarasca de las otras especies (Montagnini et al. 1991, 1993).

Los valores de caída anual de hojarasca de las cuatro especies estudiadas fueron comparables a valores reportados para otras especies utilizadas en agroforestación en regiones tropicales húmedas (Montagnini et al. 1991, 1993). La hojarasca puede actuar como agregado orgánico con diferentes objetivos: por ejemplo, debido a su descomposición más lenta, se encontró una alta acumulación de hojarasca y materia orgánica del suelo bajo *V. ferruginea*, demostrando que esta especie puede ser adecuada para la protección contra la erosión de suelos. En contraste, la hojarasca de *H. alchorneoides*, aunque menos abundante que las otras tres especies, debido a su descomposición rápida y alto contenido de nutrientes promovió el reciclaje de N y P, mientras que la hojarasca de *V. guatemalensis* fue importante para el reciclaje de Ca y Mg (Montagnini et al. 1993, Montagnini y Sancho 1994a). Por último, se registraron

influencias favorables sobre el microambiente del sotobosque: las temperaturas del suelo y del aire fueron menores bajo la cobertura de los árboles que en la pastura, mientras que la humedad del suelo fue mayor bajo las dos especies de *Vochysia* (Montagnini et al. 1993).

b- Región del bosque lluvioso atlántico, Bahía, Brasil

En el sur de Bahía, los estudios fueron realizados en un área donde la vegetación original fue la "Mata Atlántica" (Tabla 1). Los estudios se focalizaron en las relaciones especie/sitio de 20 especies arbóreas nativas en rodales monoespecíficos de 14-15 años de edad. Se encontraron efectos positivos en por lo menos cinco parámetros del suelo, bajo 15 de las 20 especies del experimento, en comparación con bosque primario y secundario (Montagnini et al. 1994) (Tabla 2). Varias especies contribuyeron a incrementar los contenidos de C y N totales del suelo: *Inga affinis*, *Parapiptadenia pterosperma*, *Platymenia foliosa* (especies leguminosas, fijadoras de nitrógeno), *Eschweilera ovata*, *Pradosia lactescens* (de otras familias); asimismo, bajo la mayoría de estas especies se detectó una menor compactación y mayor contenido de humedad del suelo. Bajo otras especies se detectaron incrementos en el pH del suelo y/o algunos cationes: *Copaifera luscens*, *Eschweilera ovata*, *Lecythis pisonis* y *Licania hypoleuca*; y leves aumentos en los niveles de P extraíble del suelo superficial: *Inga affinis*, *Arapatiella psilophylla*, *Caesalpinia echinata*, *Cassia* spp., *Hymenaea aurea*, *Bombax macrophyllum* y *Buchenavia grandis*.

Tal como en los estudios de Costa Rica, los resultados de estudios de reciclaje de nutrientes complementaron la información sobre el posible papel de las especies como mejoradoras del suelo. Entre las 20 especies estudiadas en Bahía, la mayor caída de hojarasca fue encontrada bajo *Bombax macrophyllum*, *Buchenavia grandis* y *Caesalpinia echinata* (da Vinha y Pereira 1983, da Vinha et al. 1985); bajo estas especies se encontraron efectos positivos sobre los suelos, p.e. mayor contenido de P extraíble en el suelo superficial bajo las tres especies, mayor contenido de humedad bajo *B. grandis* y *C. echinata*, y mayor espesor del mantillo, mejorando la protección del suelo, bajo *B. macrophyllum* (Montagnini et al. 1994).

c- Misiones, NE Argentina

La investigación fue conducida en una región de bosque húmedo subtropical en la provincia de Misiones, cercana al límite con el estado brasileño de Paraná (Tabla 1). Las especies forestales nativas utilizadas en este estudio fueron: *Balfourodendron riedelianum*, *Cordia trichotoma*, *Bastardiopsis densiflora*, *Enterolobium contortisiliquum* y *Ocotea puberula*. Las mayores diferencias en el carbono y nitrógeno del suelo fueron encontradas bajo *Bastardiopsis densiflora*, donde fue el doble del contenido en áreas sin cobertura arbórea (Fernández et al. 1997). El pH fue mayor bajo *Bastardiopsis densiflora* y *Cordia trichotoma*, mientras que la suma de bases (Ca+Mg+K) fue mayor bajo *Cordia trichotoma*, *Bastardiopsis densiflora* y *Enterolobium contortisiliquum*.

Estos resultados fueron sustanciados con datos de análisis químicos de biomasa arbórea, los cuales ayudaron a explicar las tendencias halladas (Montagnini et al. 1995a). Dentro de las especies más importantes desde el punto de vista de su potencial como mejoradoras del suelo, *Bastardiopsis densiflora* posee interesantes posibilidades debido a que es una especie pionera que coloniza áreas abandonadas, formando densos rodales coetáneos que pueden alcanzar dimensiones comerciales en 10-14 años. *Cordia trichotoma*, con una tasa de crecimiento menor es sin embargo una especie maderera valiosa conocida por su participación exitosa en plantaciones y sistemas agroforestales. El potencial de *Enterolobium contortisiliquum* como mejoradora del suelo con su capacidad fijadora de nitrógeno necesita ser verificado.

Crecimiento y biomasa en plantaciones mixtas y puras

Las plantaciones mixtas bien planificadas proveen productos más diversos que las plantaciones puras, contribuyendo a disminuir los riesgos ante la inseguridad de los mercados, además de disminuir la incidencia y severidad de ataque de ciertas plagas, complementar el uso de recursos del ecosistema, y otros beneficios (Wormald 1992, Montagnini et al. 1995b). Se midió la producción de biomasa aérea de doce especies nativas en tres plantaciones experimentales en rodales mixtos y puros en la Estación Biológica La Selva, en la región húmeda del Atlántico de Costa Rica. Las 12 especies nativas fueron: Plantación 1: *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Vochysia guatemalensis* D. Sm., *Calophyllum brasiliense* Cambess y *Stryphnodendron microstachyum* Poepp. Et Endl.; Plantación 2: *Terminalia amazonia* (Gmell.) Exell., *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell, *Virola koschnyi* Warb y *Albizia guachapele* (H.B.K.) Little; Plantación 3: *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allemao, *Pithecellobium elegans* (D.C.) Benth., *Genipa americana* L. y *Vochysia ferruginea* Mart.

En la Plantación 1, *Jacaranda copaia* en rodales mixtos tuvo la mayor biomasa aérea por árbol, más del doble que en plantación pura (Fig. 1). Más del 90% de la biomasa total se encontró en el tronco. En segundo lugar se encontraba *Vochysia guatemalensis*, también con mayor biomasa en plantación mixta que en pura. Por el contrario, los árboles de *Calophyllum brasiliense* tuvieron más del doble de biomasa en plantación pura que en mixta. Al extrapolar los datos a biomasa por hectárea, las plantaciones puras de *V. guatemalensis* tuvieron la mayor biomasa (91.2 Mg ha^{-1}), seguidas por la plantación mixta de 4 especies (90.1 Mg ha^{-1}), *J. copaia* y *C. brasiliensis* (Shepherd y Montagnini 1999). Sin embargo, la biomasa total de la plantación mixta fue mucho mayor que la suma de $\frac{1}{4}$ de hectárea de cada una de las especies plantada en rodales puros ($10.8 + 21.0 + 22.8 + 0 = 54.6 \text{ Mg ha}^{-1}$).

En la Plantación 2, la mayor biomasa total por hectárea se encontró en la plantación mixta de 4 especies, seguida por *D. panamensis*, *T. amazonia*, y *V. koschnyi* (Shepherd y Montagnini 1999). En la Plantación 3, *Hyeronima alchorneoides* en mixtas tuvo la mayor biomasa, seguida por *Vochysia ferruginea*.

Aparentemente en condiciones mixtas, con menor competencia intra-específica, los árboles de las especies de este estudio tienen mayor espacio para crecer en diámetro, lo cual es consistente con resultados anteriores (Montagnini *et al.* 1995b, Montagnini and Porras 1998). Las parcelas mixtas en la Plantación 2 tuvieron mayor biomasa por hectárea, y en las otras dos plantaciones las parcelas mixtas dieron valores intermedios en relación con las parcelas puras. Sin embargo, en las tres plantaciones, las parcelas mixtas tuvieron mayor biomasa en una hectárea, que la suma de $\frac{1}{4}$ de hectárea de cada una de las especies que la componen en plantación pura. Esto sugiere que las plantaciones mixtas, si son planificadas considerando la respuesta de cada especie, pueden producir más madera que si la misma área de terreno se plantara con parcelas puras.

El uso de especies de crecimiento rápido y lento en la misma plantación tiene la ventaja de producir madera en diferentes rotaciones, con productos de cosecha más rápida pero de menor precio, y otros más lentos pero de mayor valor de mercado. La madera de las especies más lentas es también un reservorio de carbono a más largo plazo.

Papel de las plantaciones como aceleradoras de la regeneración natural

Las plantaciones forestales pueden contribuir a la recuperación de condiciones ambientales favorables a los procesos de regeneración natural en su sotobosque (Parrotta 1995, Guariguata *et al.* 1995). Por ejemplo, en Puerto Rico, bajo el dosel de plantaciones de *Albizia lebbek* de 6 años de edad, se encontraron 22 especies de árboles y arbustos, en comparación con una sola especie en parcelas control sin plantar (Parrotta 1992). La mayoría de las especies encontradas eran dispersadas por aves o murciélagos, por lo cual se concluyó que el dosel de las plantaciones puede cumplir un papel clave en los procesos de regeneración proveyendo perchas y hábitat para los animales dispersores. En La Estación Biológica La Selva, Costa Rica, resultados de estudios de diversidad vegetal bajo la cobertura de ocho especies forestales y un tratamiento de regeneración natural sugieren también que las plantaciones presentan un buen potencial para acelerar los procesos de recuperación de suelos degradados (Powers *et al.* 1997). En el presente trabajo se compara la regeneración natural en el sotobosque de plantaciones forestales de ocho especies nativas en parcelas mono-específicas y mixtas, en La Estación Biológica La Selva. En todos los casos se compara además con parcelas sin plantar, dejadas como parcelas testigo de regeneración natural.

En la Plantación 1, a los 7 años de edad se encontró mayor abundancia de individuos (tanto arbóreos como otras formas de vida) bajo *Vochysia guatemalensis*, plantación mixta, y *Calophyllum brasiliense* (Tabla 3). Estos resultados coinciden con las experiencias de Powers *et al.* (1997) en La Selva, quienes encontraron que

plantaciones de *Vochysia guatemalensis* y *V. ferruginea* contribuyeron con la supresión temprana del pasto y atrayeron a gran cantidad de dispersores; además, ellos también reportaron que el tratamiento regeneración (control), presentó el promedio más bajo de todos los tratamientos.

En la Plantación 2, a los 7 años, *T. amazonia*, *V. koschnyi* y la plantación mixta tuvieron la mayor cantidad de especies arbóreas en el sotobosque (Tabla 4). No se encontraron especies arbóreas bajo *A. guachapele*. Se podría deducir que la mayor disponibilidad de nitrógeno bajo *A. guachapele* favorecería más a las especies herbáceas, las cuales compiten con la regeneración natural arbórea.

A pesar de la temprana edad de estas plantaciones, se encontró que *Jacaranda copaia*, *Terminalia amazonia* y *Dypterix panamensis* se regeneraban a sí mismas, factor favorable para la recuperación de áreas, en casos de que los agentes dispersores de otras especies arbóreas no actúan eficientemente.

Conclusiones

En las tres regiones estudiadas, varias especies arbóreas nativas de valor comercial tuvieron efectos favorables sobre la fertilidad y algunas propiedades físicas de los suelos. Para la rehabilitación de ecosistemas en sitios tropicales húmedos, información sobre las tasas de crecimiento de los árboles, composición química del suelo y biomasa y contenido de nutrientes de la hojarasca, es imprescindible para el diseño y manejo a largo plazo de sistemas forestales sustentables.

Aparentemente en condiciones mixtas, con menor competencia intra-específica, los árboles de las especies estudiadas en Costa Rica crecen mejor en diámetro que en plantación pura. En las tres plantaciones, las parcelas mixtas tuvieron mayor biomasa en una hectárea, que la suma de $\frac{1}{4}$ de hectárea de cada una de las especies que la componen en plantación pura. Esto sugiere que las plantaciones mixtas, si son planificadas considerando la respuesta de cada especie, pueden producir mayor volumen maderable que si la misma área de terreno se plantara con parcelas puras. El uso de especies de crecimiento rápido y lento en la misma plantación tiene la ventaja adicional de producir madera en diferentes rotaciones, con productos de cosecha más rápida pero de menor precio, y otros más lentos pero de mejor valor de mercado.

En las plantaciones estudiadas, y en las condiciones del sitio experimental, la regeneración arbórea fue más exitosa bajo plantaciones forestales que en potreros abandonados. En las condiciones de estos ensayos (especies y ambiente), las especies más exitosas para recuperar potreros abandonados fueron *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *V. koschnyi*, y las plantaciones mixtas. En la Plantación 2, la regeneración arbórea fue mayor bajo *T. amazonia*, especie cuya hojarasca descompone rápidamente; por otro lado, la regeneración arbórea bajo *Albizia guachapele* fue nula, a pesar de ser ésta una especie fijadora de nitrógeno. En ciertos

casos es posible que el establecimiento de la regeneración natural arbórea no dependa tanto del mejoramiento del suelo, como de otros factores tales como la dispersión de semillas y la creación de condiciones microclimáticas apropiadas. La regeneración arbórea fue mayor bajo las especies cuya caída de hojarasca y acumulación de mantillo fueron más abundantes. La producción elevada de hojarasca y acumulación de mantillo contribuyen a inhibir el crecimiento de pastos, favoreciendo así la competencia por especies arbóreas.

Referencias

- Baker, D. and Montagnini, F. 1994. Estimation of nitrogen fixation by the tropical legume tree Stryphnodendron microstachyum Poepp.etEndl. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 12:139-141.
- Bertsch, F. H. 1986. Manual para Interpretar la Fertilidad de los Suelos en Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Escuela de Fitotecnia. San José, Costa Rica. 76 p.
- Dedecek, R. A. 1992. A dinamica dos solos em areas degradadas. pp. 44-57 En: Simposio Nacional, Recuperacao de Areas Degradadas. Universidad Federal do Parana. Curitiba, 25-29 Octubre 1992.
- Fernández, R., Montagnini, F., and Hamilton, H. 1997. The influence of native tree species on soil chemistry in a subtropical humid forest region of Argentina. *Journal of Tropical Forest Science* 10(2): 188-196
- Guariguata, M. R., Rheingans, R., and Montagnini, F. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3(4): 252-260.
- Lugo, A. E. 1992. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. In M. K. Wali, editor. Ecosystem rehabilitation, vol. 2: Ecosystem analysis and synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.p 247-255
- Montagnini, F. and Sancho, F. 1990a. Impacts of native trees on tropical soils: a study in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Ambio* 19(8):386-390.
- Montagnini, F., y Sancho, F. 1990b. Influencia de seis especies de árboles nativos sobre la fertilidad del suelo en una plantación experimental en la llanura del Atlántico en Costa Rica. *Yvyrareta (Argentina)* 1(1):29-49.

- Montagnini, F., Sancho, F., Ramstad, K. and Stijfhoorn, E. 1991. Multipurpose trees for soil restoration in the humid lowlands of Costa Rica. pp. 41-58 In: Taylor, D. A. and Mc Dicken, K. G. (eds.). Research on multipurpose trees in Asia. Winrock International Institute for Agricultural Development. Bangkok.
- Montagnini, F., Ramstad, K. and Sancho, F. 1993. Litterfall, litter decomposition and the use of mulch of four indigenous tree species in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 23:39-61.
- Montagnini, F. and Sancho, F. 1994a. Net nitrogen mineralization in soils under six indigenous tree species, an abandoned pasture and a secondary forest in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil* 162: 117-124.
- Montagnini, F. and Sancho F. 1994b. Above-ground biomass and nutrients in young plantations of four indigenous tree species: implications for site nutrient conservation. *Journal of Sustainable Forestry* 1(4): 115-139.
- Montagnini, F., Fanzeres, A. and da Vinha, S. G. 1994. Studies on Restoration Ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. *Interciencia* 19(6): 323-330.
- Montagnini, F., Fernández, R. and Hamilton, H. 1995a. Relaciones entre especies nativas y la fertilidad de los suelos. Parte 1: Contenido de elementos en la biomasa. *Yvyrareta* (Argentina) 6 (6): 5-12.
- Montagnini, F., González, E. J., Porrás, C. & Rheingans, R. 1995b. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: A comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Montagnini, F., & Porrás, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: An example of an integrating approach from the humid tropics. *Environmental Management* 22: 459-470.
- Nepstad, D.; Uhl, C.; Serrao, E. 1991. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brasil. In A.B. Anderson (Editor) Alternatives to deforestation: Steps toward sustainable use of the Amazon Rain forest. Columbia University Press, New York. p.215-229.
- Parrotta, J. A. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:115-133.
- Parrotta, J. A. 1995. Influence of understory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science*. 6: 627-636.

- Powers, J. S.; Haggar, J. P.; Fisher, R. F. 1997. The effect of understory composition on understory woody regeneration and species richness in 7- year old plantations in Costa Rica *Forest Ecology and Management* 99: 43-54.
- Shepherd, D. and Montagnini, F. 1999. Carbon Sequestration Potential in Mixed and Pure Tree Plantations in the Humid Tropics. *Journal of Tropical Forest Science*. In press.
- Da Vinha, S. G., y Pereira, R.C.. 1983. Producao de folheda e sua sazonalidade em 10 especies arboreas nativas no Sul da Bahia. *Theobroma (Brazil)* 13:327-341.
- Da Vinha, S. G., de Carvalho, A. M., y Silva, L. A. M. 1985. Taxa de decomposicao do folheda de dez especies de arvores nativas no Sul da Bahia, Brasil. *Theobroma (Brazil)* 15:207-212.
- Wormald, T. J. 1992. *Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics*. FAO Forestry Paper 103. FAO Technical Papers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 152 pp.

TABLA 1

Sitios de estudio en tres regiones de América Latina

Ubicación geográfica	Precipitaciones y temperaturas medias	Suelos	Uso previo de la tierra	Diseño experimental
Estación Exp. La Selva Tierras bajas de Costa Rica 10°26'N, 86°59'W	4.000mm, 24°C	Fluventic Dystropepts pH 4,3-5,3	1-3 años de agricultura, pastura	Plantación pura, 2mx2m, 3-6 años
Estación Ecol. de Pau Brasil, Porto Seguro, Bahía, Brasil 16°23'S, 39°11'O	1.700mm, 23°C	Oxisoles (Haplorthox) pH 4,5-5,0	Agricultura migratoria	Plantación pura, 2mx2m, 14-15 años
Eldorado, Misiones, NE de Argentina (Terrenos privados)	1.700-2.400 mm, 22°C	Ultisoles ácidos arcí- llosos pH 4,5-5,0	Agricultura, plantaciones de pinos	Rodales puros de regen. nat. 10-20 años

TABLA 2

Características químicas del horizonte superior del suelo en rodales puros de 24 especies arbóreas nativas en La Selva, Costa Rica; Porto Seguro, Bahia, Brasil; y Misiones, Argentina.

Sitio/Especie arbórea

	pH	C (%)	N (%)	P (cmol.kg ⁻¹)	K (cmol.kg ⁻¹)	Ca	Mg	
a- La Selva, Costa Rica¹								
<i>Stryphnodendron microstachyum</i>	5.4ab	3.42ab	0.29b	5.6a	0.27a	0.45a	0.63ab	
<i>Vochysia ferruginea</i>	5.4ab	3.76a	0.32a	7.1a	0.22a	0.73a	0.61ab	
<i>Vochysia guatemalensis</i>	5.3ab	3.13ab	0.29b	5.2a	0.11a	0.25a	0.37ab	
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	5.1b	2.96c	0.22b	1.5b	0.09a	0.31b	0.21b	
Pastura Abandonada	5.3ab	2.73c	0.22b	4.9a	0.19a	0.32b	0.27b	
Bosque secundario		5.3ab	4.33a	0.33a	3.6b	0.17a	0.68a	0.55ab
b- Porto Seguro, Bahia, Brasil²								
Especies leguminosas fijadoras de N:								
<i>Bowdichia virgilioides</i>	4.9	1.98def	0.16def	1.32def	0.06bcd	1.35bc	0.39de	
<i>Centrolobium minus</i>		4.6	1.87efg	0.16def	1.19efg	0.05fgh	0.53hi	0.21i
<i>Centrolobium robustum</i>	4.5	1.65ij	0.13f	1.07fgh	0.05fgh	0.40i	0.16i	
<i>Inga affinis</i>	4.9	2.10cde	0.18cd	3.64a	0.07bcd	0.76gh	0.49bc	
<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	4.9	2.38ab	0.20bc	0.78ij	0.08b	1.40bc	0.60a	
<i>Pithecellobium elegans</i>	4.8	1.67hij	0.15ef	0.59kl	0.05efg	0.79gh	0.40de	
<i>Platymeria foliolosa</i>		4.7	2.08cde	0.18bcd	0.13m	0.05efg	1.05cde	0.42cd
Especies leguminosas no fijadoras de N:								
<i>Arapatiella psilophylla</i>	4.7	1.94def	0.18bcd	1.45de	0.06bcd	0.38i	0.37de	
<i>Caesalpinia echinata</i>		5.1	2.41a	0.17cde	1.54de	0.07bcd	1.17bcd	0.39de
<i>Cassia spp.</i>	4.7	1.94def	0.16def	1.40def	0.07bcd	0.56hi	0.34de	
<i>Copaifera luscens</i>	5.0	2.02cde	0.17cde	0.63jk	0.06cde	1.15bcd	0.34de	
<i>Dimorphandra jorgei</i>		4.9	1.97def	0.19bc	0.97ghi	0.03j	0.98def	0.32efg
<i>Hymenaea aurea</i>	4.4	2.00def	0.16def	2.03c	0.06bcd	0.26i	0.24hi	
<i>Macrobium latifolium</i>	4.7	1.90efg	0.16def	0.67jk	0.04hij	0.36i	0.25fg	
De otras familias:								
<i>Bombax macrophyllum</i>	4.8	1.78ghi	0.13f	1.42de	0.06bcd	0.84efg	0.33ef	
<i>Buchenavia grandis</i>	4.6	2.06cde	0.14f	2.09c	0.06bcd	0.80fg	0.33ef	
<i>Eschweilera ovata</i>	5.3	1.82fgh	0.31a	0.58kl	0.11a	1.38bc	0.53ab	
<i>Lecythis pisonis</i>	5.3	1.99def	0.18bcd	0.23lm	0.04ghi	1.46b	0.32ef	
<i>Licania hypoleuca</i>	5.0	1.63j	0.14f	1.61d	0.07bcd	1.31bcd	0.35de	
<i>Pradosia lactescens</i>		4.9	2.15bcd	0.18bcd	0.81ij	0.05fgh	0.84efg	0.24gh
Bosque primario	4.9	1.99def	0.15ef	0.96hi	0.08bc	1.23bcd	0.36de	
Bosque secundario		5.1	2.15abc	0.22b	2.46b	0.07bcd	2.20a	0.62a
c- Misiones, Argentina³								
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	5.8	2.6b	0.34ab	n.d.	0.55bc	7.1bc	1.7c	
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	7.1	6.3a	0.65a	n.d.	1.28a	20.4a	3.4ab	
<i>Cordia trichotoma</i>	6.4	4.0ab	0.46ab	n.d.	0.79b	13.6ab	2.6abc	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	6.1	3.4ab	0.39ab	n.d.	0.67b	8.7bc	3.5a	
<i>Ocotea puberula</i>	6.1	4.4ab	0.59a	6.09a	1.11a	17.3a	4.7a	
Control con pastos		5.8	2.2b	0.027b	n.d.	0.26c	6.3c	2.4bc

Fuentes: ¹ Montagnini y Mendelsohn (1996), ² Montagnini et al. (1994), ³ Fernández et al. (1995).

Nota: Para cada sitio, las diferencias entre medias son estadísticamente diferentes cuando se encuentran seguidas de diferentes letras (p<0.05). n.d.: no detectado

TABLA 3
Promedios de abundancia de individuos por tratamiento
en Plantación 1, a los 7 años

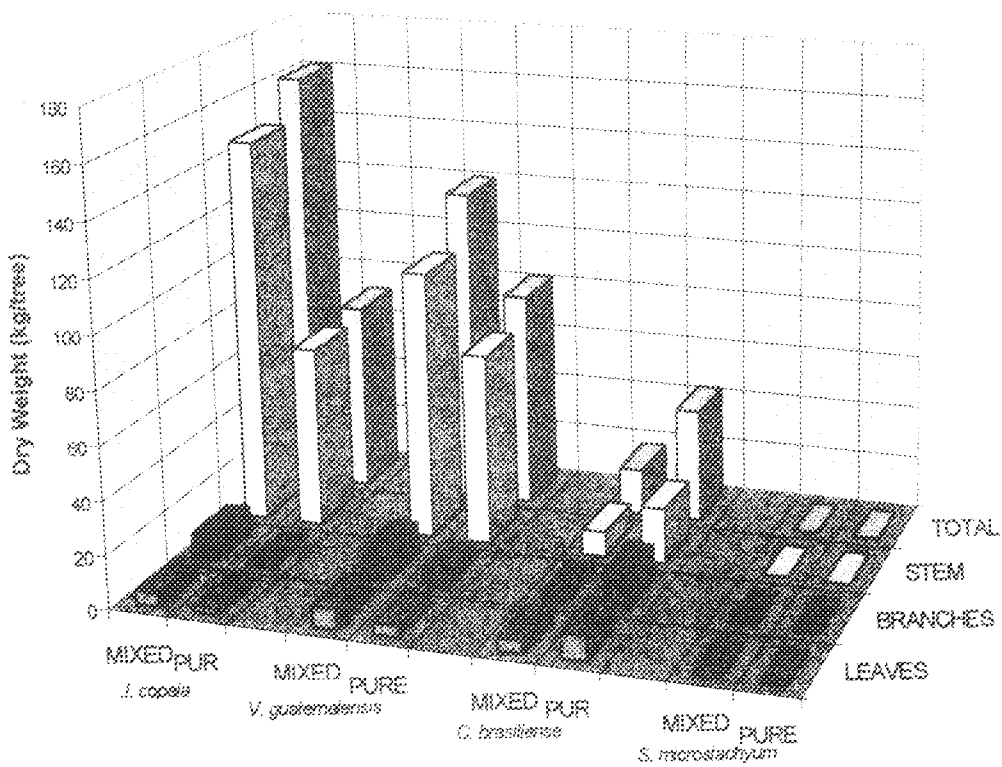
Tratamiento	Número de individuos en 0.057ha	Error estándar
<i>Vochysia</i>	90.3 a	5.2
Mixta	87.6 a	8.3
<i>Calophyllum</i>	78.6 a	7.5
<i>Jacaranda</i>	57.1 b	6.9
Regeneración	28.6 ab	7.3

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente; Prueba de Tukey, $\alpha = 0,05$

TABLA 4**Número de individuos arbóreos bajo los seis tratamientos en Plantación 2**

Tratamiento	Número de individuos/ 16 m ²	Número de individuos/ha
<i>Dypterix panamensis</i>	9	5 625
<i>Terminalia amazonia</i>	44	27 500
<i>Albizia guachapele</i>	0	0
Plantación mixta	17	10 625
Regeneración natural	7	4 375

Figure 1. Average dry weight per tree in the four different tree species of Plantation #1



Mejoramiento de la calidad física y química de los suelos durante el proceso de regeneración natural, en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH); Guanacaste, Costa Rica

**Ernesto Alfaro R.
Universidad Nacional**

1. Introducción

En términos generales los estudios de uso potencial del suelo en Costa Rica indican que cerca del 65% del territorio es de vocación forestal (producción y protección); por lo que este debe permanecer bajo cobertura de bosque, con el fin de evitar la degradación de las condiciones edáficas y microclimáticas del ambiente (Fournier, 1989).

Con frecuencia el concepto de bosque se asocia con producción de madera, leña, carbón y recientemente con ecoturismo y usos no tradicionales en la economía de mercado como los denominados "productos no maderables del bosque". No obstante recientemente algunos investigadores consideran que el valor de la función protección, podría ser más importante para la economía nacional que la misma producción de madera; pues tiene repercusiones positivas no solo sobre la flora y la fauna nativa, sino también sobre el suelo, el microclima, las cuencas hidrográficas, la belleza escénica y obras de infraestructura (ciudades, puentes y carreteras).

Debido a lo anterior, en Costa Rica se han desarrollado en las últimas tres décadas importantes programas de reforestación, donde se destaca la regeneración secundaria del bosque, como la mejor forma de optimizar el uso de los recursos económicos y humanos de dichos programas. Precisamente en los últimos años se ha dado un considerable aumento en el área ocupada por bosques secundarios en la provincia de Guanacaste, debido al abandono de pastizales, producto de reducciones en la rentabilidad de la actividad ganadera. Dicha disminución podría deberse a una pérdida progresiva de nutrientes de los suelos, a su erosión o a la invasión de malas hierbas (Budowski, 1983).

Sobre gran parte de estos pastizales abandonados crecen en la actualidad bosques secundarios, los cuales representan una de las formas más rápidas y sencillas de ganancia de áreas boscosas; las mismas se consideran como un factor clave en la zona para la eliminación del pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y en el control de incendios forestales (Janzen, 1987). Además dichas áreas podrían convertirse en un factor muy importante en la protección y mejoramiento de las condiciones físicas y químicas de los suelos de la provincia.

El presente estudio pretende analizar el efecto del desarrollo del bosque secundario en las condiciones generales del suelo. Para ello se plantea la hipótesis de que el establecimiento de los bosques secundarios en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) mejora las condiciones físicas y químicas del suelo.

2. Objetivos

Objetivo general:

-Analizar el efecto del desarrollo del bosque secundario sobre las condiciones físicas y químicas del suelo en diferentes etapas sucesionales.

Objetivos específicos:

-Caracterizar la fertilidad de los suelos en las áreas muestreadas de la EEFH.

-Determinar el comportamiento de factores físicos del suelo (densidad aparente, conductividad hidráulica, retención de humedad, compactación y profundidad efectiva) en distintas fases de sucesionales de la vegetación (pastizal y bosque secundario temprano).

-Comparar el aporte de nutrimentos de la hojarasca a las reservas suelo, en las dos fases de desarrollo de la vegetación.

3. Metodología

Caracterización general del área de estudio

La Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) actualmente pertenece al Área de Conservación Guanacaste (ACG) y forma parte del Parque Nacional Santa Rosa. Su extensión es de aproximadamente 7.300 ha, donde se combinan pastizales, algunas áreas de reforestación experimental, bosques secundarios de diferentes categorías o estados de desarrollo y algunas áreas de bosques de galería. Antes de 1990 la mayoría de estas tierras se dedicaron a la ganadería extensiva y algunas áreas al cultivo de granos (arroz, sorgo) y algodón

Según Janzen (1986), el bosque seco de Guanacaste recibe entre 900 y 2400 mm de precipitación anual, concentrada fundamentalmente entre mayo y noviembre, y durante los restantes 5 meses se presenta una marcada estación seca. Este patrón de precipitación podría clasificarse como bosque lluvioso si eventualmente la zona no estuviera expuesta a los vientos cálidos de Papagayo, provenientes del sudoeste del Pacífico, o bien de los Nortes, que soplan durante la estación seca. En la zona

también se presenta una corta estación seca “Veranillo” o “Canícula”, en medio de la estación lluviosa, usualmente de 1 a 6 semanas entre los meses de julio a agosto. Las temperaturas diarias oscilan entre los 16-23 °C por la noche, y entre los 26-38 °C durante el día.

- **I Fase: Recopilación de información y preparación de actividades de campo**

La primera fase consistió en recopilar información acerca de investigaciones que se han desarrollado o que se desarrollan actualmente en la EEFH; como es la descripción física de perfiles y el Mapa Preliminar de Suelos (Winters, 1997), el Inventario forestal (Spittler, 1999) y el Mapa Preliminar de Uso y Cobertura de Suelos (Spittler, Chaves, Vega; 1999).

En base a lo anterior se planificó la ubicación de los sitios de muestreo; en un pastizal y un bosque secundario intermedio (aproximadamente 17 años de edad) que presentaron características físicas y topográficas similares.

- **II Fase: Actividades de campo**

Esta fase se realizó en los meses de setiembre y octubre de 1998. En primera instancia se realizó un reconocimiento preliminar de suelos con el objetivo de conocer las fuentes de variación por pendiente y por características físicas y químicas del ecosistema. El mismo se efectuó en áreas preseleccionadas por el estado sucesional de la vegetación y por tener una topografía plana o casi plana, así como por presentar descripciones de carácter físico similares en el mapa preliminar de suelos (Winters, 1997).

En el reconocimiento preliminar se utilizó el método de las barrenadas simples, el cual supone que permite la delimitación de áreas con suelos con características similares, mediante la observación de los horizontes genéticos que conforman el perfil del suelo, caracterizándolos de acuerdo a la textura, color, presencia de estratos compactos, moteos y / o vetas de color. El mismo consistió en realizar barrenadas en cada área de interés, a 1.20 m de profundidad; las cuales se localizaron arbitrariamente según las condiciones de cada sitio. Además se llevaron muestras de suelo de cada sitio para que fueran observadas por expertos del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Una vez reducidas las fuentes de variación se procedió al muestreo de suelos. Este se realizó sistemáticamente sobre parcelas circulares de (153.94 m²) levantadas en el inventario forestal (Spittler, et al.; 1999) en ambos estadios sucesionales con las siguientes características:

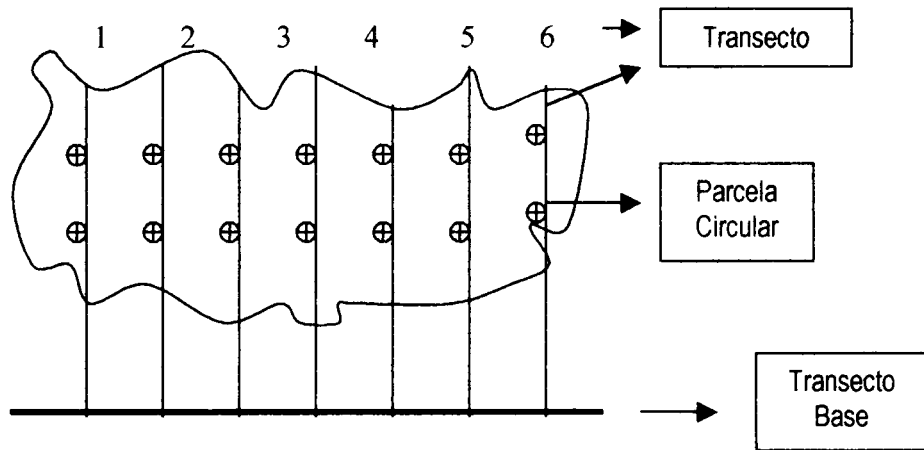


Figura 1: Esquema del diseño de muestreo empleado en el inventario forestal por

Descripción de los sitios

Edad (años)	Nombre de Parcela	Categoría de desarrollo	Área total (ha)	Ubicación (Spittler, Chaves, Vega; 1999)
0	Potrero San Pancho (Sector Norte)	Pastizal	11.4	303900-304250 N 362750-363850 E
17	Pital (Sector Norte)	BS Intermedio	38.0	304500-305750 N 362500-363500 E

En cada uno de estos lugares se evaluaron 10 parcelas, las cuales se ubicaron sistemáticamente según el área de cada sitio; así en cada parcela se tomó una muestra compuesta, proveniente de cuatro submuestras tomadas con barreno tipo holandés a una profundidad de 0 a 30 cm y ubicadas transversalmente con respecto a la orientación del transecto del inventario forestal. En la primera de las submuestras se continuó barrenando para determinar la profundidad efectiva hasta encontrar el material rocoso o bien hasta 1.20 m (longitud máxima del barreno).

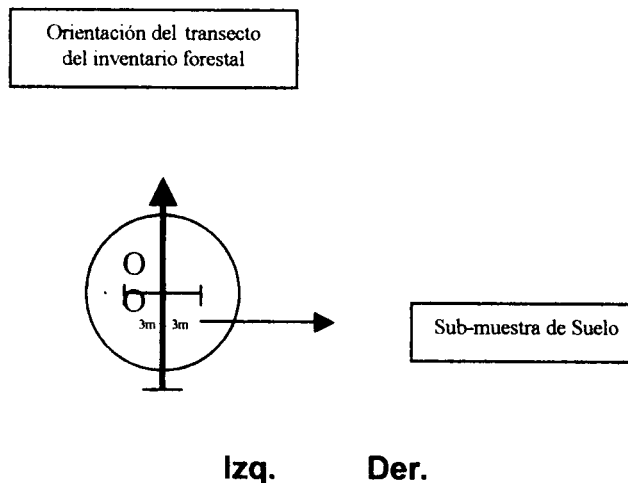


Figura 2: Esquema del tipo de parcela utilizada en el muestreo de suelos.

En cada parcela se cuantificaron sistemáticamente a 3 m a la derecha del centro de la parcela la densidad aparente, y la conductividad hidráulica empleando cilindros metálicos de 6.5 cm (h) y 4.85 cm (\emptyset interno) y 7.5 cm (h) y 4.85 cm (\emptyset interno) respectivamente; siendo en ambos casos la profundidad de muestreo igual a la longitud del cilindro. La retención de humedad se trabajó con muestras indisturbadas tanto a 1 como a 15 bares de presión; para esto se utilizaron anillos metálicos de 1 cm (h) y 4.85 cm (\emptyset interno).

La resistencia mecánica del suelo se cuantificó con un penetrómetro de 12.3 cm de longitud de pistón y 5 mm de diámetro y se definió como el promedio de 3 mediciones al azar dentro de cada parcela. Además se recolectó una muestra de la hojarasca o mantillo en cada parcela utilizando un marco rectangular de 38 cm * 31 cm, con el objetivo de determinar los contenidos nutricionales de la misma y para compararlos tanto entre los estadios sucesionales como con el suelo.

- Fase III: Análisis de laboratorio

Los métodos de análisis de suelos y concentración foliar de nutrimentos incluidos en el presente estudio se aplican de acuerdo a lo descrito por Henríquez et al.; (1998):

- a) pH: utilizando un potenciómetro, con una relación suelo-agua de 1:2,5.
- b) pH en fluoruro de sodio 1N (Fields y Perrott 1966).
- c) Fósforo, potasio, hierro, cobre, zinc y manganeso: extraídos con solución Olsen modificado (NaHCO_3 0,5M + EDTA 0,01 M + Superfloc 0.01 pH 8,5); en relación de 1:10
- d) Calcio, Magnesio: extraídos con una solución de KCl 1 M.

- e) Acidez intercambiable: utilizando sal neutra KCl 1M, titulando con una solución básica (NaOH 0,01 N). Para determinar la cantidad de acidez, retitulando con una solución ácida (HCl 0,01 N).
- f) Materia orgánica: utilizando la metodología de Walkley y Black (1938), que se fundamenta en lograr la oxidación de la materia orgánica mediante el uso de dicromato de potasio 1M, reacción que se cataliza con ácido sulfúrico concentrado, para obtener por titulación el porcentaje de carbono orgánico presente que luego se multiplica por un factor empírico de 1,72.
- g) Densidad aparente: obtención de muestras volumétricas y posterior determinación gravimétrica (Jaramillo y Vázquez 1980).
- h) Retención de humedad: Técnica Richard, método de la olla y membrana de presión (Jaramillo y Vázquez 1980).
- i) Conductividad hidráulica (González, 1980).

En cuanto al contenido de nutrimentos en la hojarasca o mantillo de los sitios de interés se procedió inicialmente con un lavado de las muestras de tejido con una solución diluida de HCl 2% y posteriormente con agua destilada, luego fueron secadas al horno a 70 °C durante 24 horas, posteriormente fueron molidas y pasadas por una malla # 40, tomando una muestra representativa de toda la que ha sido procesada (50g); para luego almacenarlas en recipientes de vidrio con tapa.

Dichas muestras fueron digeridas en húmedo con una muestra nitroperclórica (1 parte de Ácido Perclórico; más 5 de Ácido Nítrico) para obtener así el concentrado que permitirá la cuantificación de los contenidos de los siguientes elementos:

- a) Calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, zinc, manganeso; determinados en espectrofotómetro de absorción atómica.
- b) Para fósforo se aplicó la metodología de determinación usada para suelos y se determinó colorimétricamente.

Con respecto al N total se aplicó el método conocido como Microkjeldahl; y se determinó finalmente mediante titulación con una solución de H₂SO₄ 0.02M.

- Fase IV: Procesamiento de Información

El análisis de los resultados se realizó mediante estadísticos descriptivos, análisis de correlación (Pearson) y pruebas de significancia (Tuckey) entre el comportamiento de los factores físico-químicos del suelo y la hojarasca con respecto a los estados sucesionales del bosque.

4. Resultados

4.1 Caracterización de la fertilidad de suelos en los sitios estudiados

En la región de Guanacaste los suelos se caracterizan por presentar valores de pH de neutros a ligeramente ácidos, la MO muestra valores de medios a bajos;

adecuada disponibilidad de cationes de Ca, Mg y K, deficiencias de P y de algunos elementos menores como Mn, Zn y Cu en especial en suelos ricos en MO (Molina, 1973; Mata, 1982; Vallejos, 1996, Agüero y Alvarado, 1983, Holdridge et al. ; 1971).

Según Mata (1982) en el Pacífico Seco de Costa Rica es común encontrar fuertes variaciones de suelos aún en distancias muy cortas, principalmente por las variaciones en el microrrelieve como factor de diferenciación y distribución de suelos en el paisaje. En el sitio de estudio, Winters (1997) describe la presencia de Inceptisoles y la influencia de cenizas y otros materiales de origen volcánico en el sector norte de la estación (pastizal y bosque secundario intermedio). El rejuvenecimiento con cenizas volcánicas le confiere a los suelos características de Andisoles tales como: baja densidad aparente, mayores contenidos de MO, colores oscuros, adecuado estatus nutricional y la presencia de alofana (Mata, 1982).

La fertilidad del suelo se analizó mediante distribuciones de frecuencia, basadas en los niveles críticos para las propiedades químicas empleados en la interpretación de análisis de suelos en cultivos agrícolas (Bertsch 1987; adaptado por Herrera, 1996).

En términos generales los contenidos de calcio y magnesio del suelo fueron óptimos o elevados en casi todas las parcelas de muestreo. Esta característica se podría asociar a los contenidos de los elementos en el material parental y/o a la acción rejuvenecedora que ejercen las cenizas volcánicas sobre los suelos (Mata, 1982; Bertsch, 1982). El potasio se encuentra en concentraciones altas y moderadas en el bosque muestreado; Sin embargo en el pastizal las cantidades de este elemento presentan valores muy elevados con respecto al rango óptimo. Dicho comportamiento se podría asociar con una mayor riqueza en el material parental de los tres principales elementos formadores: ortoclasas, muscovitas y biotitas (Molina, 1973). Además las texturas gruesas, los menores contenidos de arcillas tipo 2:1 y las quemadas pueden ser un importante factor de aporte de K intercambiable (Bertsch, 1987; Molina, 1973).

Los suelos estudiados presentan bajos niveles de acidez intercambiable, además de que todos se encuentran con niveles de pH por encima de 5.5 y acercándose a condiciones neutras; por lo tanto no existen probabilidades de que el Al^{+++} se encuentre soluble. Esta condición es normal en los suelos de Guanacaste, tanto en suelos de origen aluvial como volcánico (Mata, 1982; Molina, 1973; Agüero y Alvarado, 1983).

Por otra parte el manganeso se encuentra en condiciones deficientes en el bosque secundario (40% de las muestras) y en el pastizal (90% de las muestras) ubicados en el sector norte de la estación; lo cual se puede deber a la presencia de pH relativamente alto, procesos de solubilización y lixiviación vinculados a texturas más gruesas (franco-arcillosa según Winters, 1997); ocurrencia de quemadas o limpiezas fuertes, bajas concentraciones en el material parental o a mayores contenidos MO asociados con la presencia de alofana (Bertsch, 1982). En cuanto a las deficiencias

en las concentraciones de fósforo se puede decir que el problema nutricional es común en todos los sitios muestreados debido a deficiencias en el material parental, presencia de alofana o problemas de fijación al formarse Fosfatos de Calcio (P-Ca) en presencia de valores de pH superiores a 6.5 (Mata, 1982). Sin embargo esta deficiencia podría no ser limitante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que las formas insolubles del P ya sean inorgánicas u orgánicas se vuelven disponibles por la acción de solubilización y mineralización del elemento por los microorganismos del suelo. Así los hongos que forman micorrizas favorecen la nutrición de P de las plantas, mediante la acción de absorción de sus hifas externas (Blanco y Salas, 1997).

Los niveles de Fe y Cu se encuentran en condiciones adecuadas. Sin embargo las concentraciones de Zn son bajas en algunas parcelas del bosque secundario intermedio (40% de las muestras) y en especial en el pastizal donde el mismo es deficiente en un 100% de las parcelas muestreadas, por lo que se sugiere que presentan un comportamiento muy similar al Mn, cuyas disminuciones también se pueden originar por la presencia de pH relativamente alto, ocurrencia de quemas o limpiezas fuertes, bajas concentraciones en el material parental o a combinaciones de especies arbóreas con similares requerimientos e influencias sobre ciertos elementos minerales en el suelo.

En resumen la fertilidad natural de los suelos, como expresión de la capacidad máxima de crecimiento en los suelos estudiados en la EEFH; se puede considerar como de moderada a elevada, debido a que el pH es cercano a la neutralidad y los contenidos de Ca, Mg y K se pueden considerar como de óptimos a elevados. El contenido de P es el más deficiente; sin embargo la posible presencia de organismos simbióticos (micorrizas) pueden mejorar la capacidad de absorción del elemento por las plantas. Con respecto a los micro-nutrientes se encontraron algunas deficiencias de Zn y Mn; sin embargo los requerimientos de estos elementos por las plantas son muy bajos por lo que es posible que dichos requerimientos sean aportados por la mineralización rápida y simultánea del material parental.

4.2 Comparación entre las características físico-químicas del suelo y la hojarasca encontradas bajo un pastizal y un bosque secundario ubicados en el sector norte de la EEFH

Como se indicó anteriormente, se detectó una variación importante entre los suelos del sector norte y sur de la estación, producto de la influencia de cenizas volcánicas (Winters, 1997). Para observar los efectos del bosque secundario en la protección y mejoramiento de las propiedades edáficas de una forma más precisa, se evaluó el pastizal y el bosque secundario Pital de aproximadamente 17 años, debido a que presentan una relativa similitud en sus propiedades edáficas y a la proximidad entre ambos estadios sucesionales en el sector norte de la estación.

4.2.1 En el ámbito físico:

La resistencia a la penetración fue mayor en el pastizal con 32.32 Kg/cm^2 , que en el bosque 21.54 Kg/cm^2 (**Cuadro 1**); debido a que en la actualidad el primer sitio se utiliza para pastoreo. Como consecuencia de esto también la densidad aparente fue mayor en el pastizal (0.95 g/cm^3) que en el bosque (0.86 g/cm^3).

En cuanto a retención de humedad esta fue ligeramente mayor en el pastizal a 1 y 15 bares de presión. Sin embargo tales diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$) (**Cuadro 1**). Por otra parte la conductividad hidráulica fue mayor en el bosque tanto a 30 como a 50 minutos (**Cuadro 1**) posiblemente debido a la menor resistencia a la penetrabilidad del suelo.

Dicho comportamiento también fue observado por Daubenmire en 1972, en Cañas, Guanacaste, donde encontró que el pastoreo en conjunto con un poco y dispersa fauna de invertebrados en el suelo, reducen la porosidad y la capacidad de infiltración en el sitio; además de aumentar la compactación.

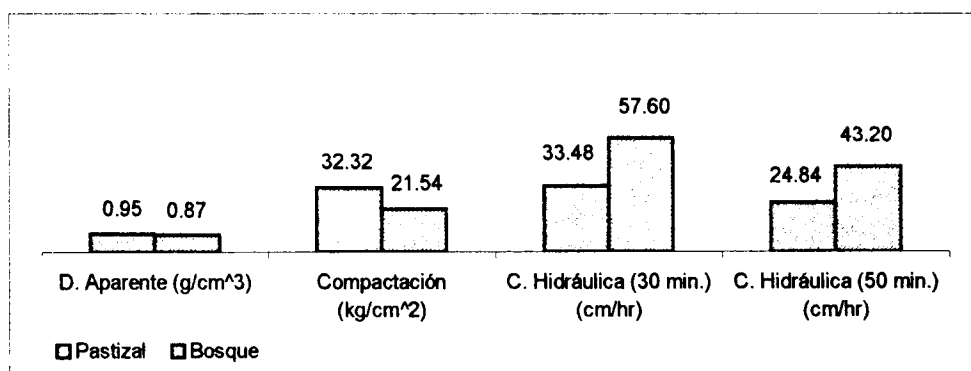


Figura 3 Características físicas diferenciales encontradas en el pastizal y en el bosque de 17 años.

4.2.2 En el ámbito edáfico

Las principales diferencias encontradas en el suelo (**Cuadro 2**) se dan a nivel de pH medido en NaF donde el pastizal presenta valores ligeramente mayores (8.81) que el bosque (8.40). Esto indicaría probablemente un mayor grado de cristalización de las arcillas en el bosque. Con respecto a las reservas de nutrientes en el suelo el porcentaje de materia orgánica en el bosque es de 5.87 % y en el pastizal 6.94 %; debido posiblemente a que los mayores contenidos de alofana en el pastizal reducen significativamente la descomposición de la MO (Bertsch, 1982) o bien a que las raíces del pastos (gramíneas) son relativamente abundantes y de corta vida en los niveles superficiales del suelo (Daubenmire, 1972). Sin embargo las diferencias no son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

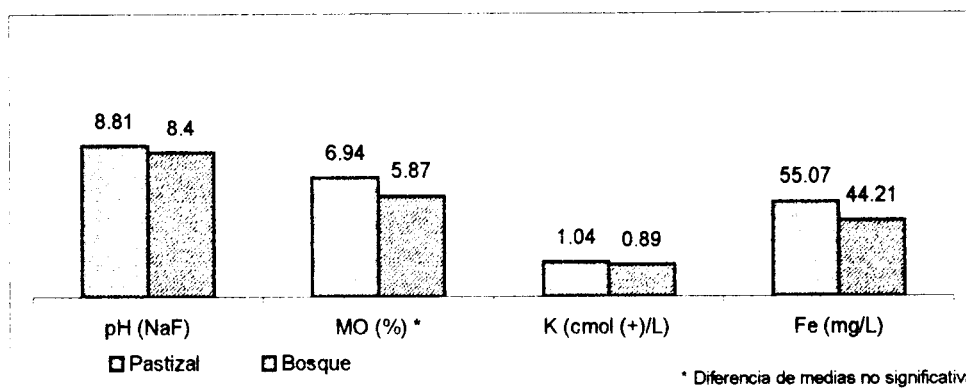


Figura 4. Contenidos de nutrientes encontrados bajo un pastizal y un bosque secundario de 17 años.

El contenido de hierro es mayor en el pastizal 55.07 mg/L que en el bosque 44.21 mg/L; posiblemente debido a los mayores contenidos de MO del primero (Werner, 1981). No obstante estos resultados deben ser interpretados con precaución, debido a la incertidumbre asociada al método de análisis de laboratorio empleado.

También las concentraciones de potasio fueron mayores en el pastizal 1.04 (Cmol(+)/L) que en el bosque 0.89 (Cmol(+)/L); dicha tendencia también fue observada por Daubenmire, 1972. La mayor disponibilidad en el pastizal podría estar en función del material coloidal presente; ya que se ve favorecido por la alofana (Bertsch, 1987).

Además es necesario aclarar que los análisis de suelo donde se extrae K con solución Olsen modificado, no son un indicador del todo representativo de la fracción del nutriente disponible a la planta, ya que no se considera el K fijado en las capas de arcilla y que actúa como moderadamente disponible (Bertsch, 1987).

Por otra parte Montagnini y otros colaboradores en investigaciones realizadas en 1993 y 1995 encontraron que el potasio se concentra principalmente en el follaje,

pero también en ramas, fustes y raíces y que la concentración de éste aumenta en los fustes de las especies cuya madera es más resistente o dura. Es decir, propias de estadios sucesionales más avanzados, razón por la cual los autores pronostican posibles deficiencias nutricionales del elemento a largo plazo, con el desarrollo del bosque.

El valor de la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), así como las concentraciones promedio de Ca, Mg, Cu, Zn, Mn y P fueron mayores en el bosque de 17 años que en el pastizal. En los casos particulares de Cu y P también fueron ligeramente mayores en el bosque pero la diferencia de medias no fue significativa ($p < 0.05$). Esto se puede deber a varias razones como el hecho de que el pastizal sea menos eficiente que el bosque en los procesos de recirculación de nutrientes debido a la acumulación superficial de raíces y la presencia de poca variedad de especies vegetales (Fassbender, 1987). Otra posible causa puede ser el mayor contenido de MO en el pastizal, lo que podría incidir en un aumento en las concentraciones de Al y Fe; favoreciendo la lixiviación de cationes debido a la competencia por los sitios de intercambio (Werner, 1981).

Además es importante considerar los efectos que podría tener la erosión eólica producto de las fuertes ráfagas de viento que se presentan en la zona durante la estación seca, en especial si se trata de áreas desprovistas o con poca cobertura vegetal como el pastizal (Daubenmire, 1972).

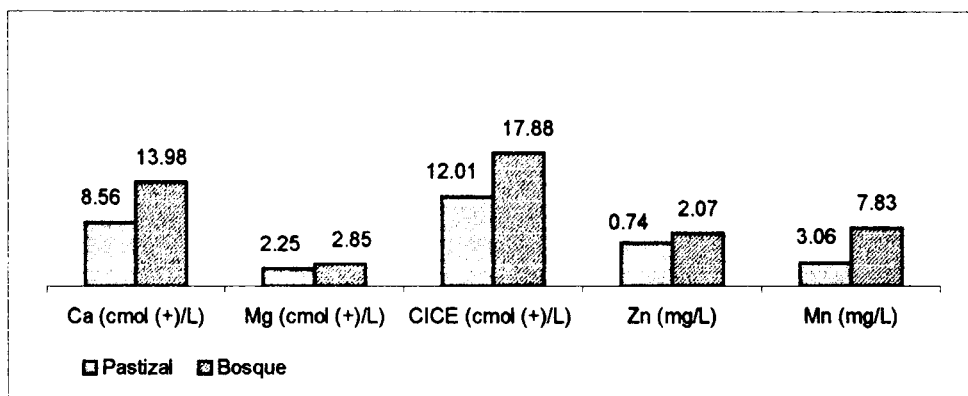


Figura 5. Contenidos de nutrientes encontrados bajo un pastizal y un bosque secundario de 17 años.

4.2.3 En el ámbito de los nutrientes de la hojarasca

De acuerdo a los resultados de estudios recopilados por Jaramillo y Sanford (1995) acerca de la concentración de nutrientes en la superficie del mantillo, son similares a los reportados en esta investigación; cuyos resultados se muestran en el Cuadro

3, donde los contenidos de potasio en la hojarasca fueron mayores en el pastizal (0.21%) que en el bosque (0.16%), aunque las diferencias no fueron significativas ($p < 0.05$). Dicho comportamiento se podría relacionar con las mayores reservas de K en el pastizal (Cuadro 2).

Esta tendencia también se observa si se comparan los resultados obtenidos por Vargas y Fonseca (1989), en un estudio de contenidos nutricionales en pastos de Guanacaste con los de plantaciones forestales puras de Vallejos (1996) en la misma región.

Un caso similar es el del fósforo, donde también es ligeramente mayor en el pastizal (0.12%) que en el bosque (0.11%); pero las diferencias no llegan a ser significativas ($p < 0.05$), lo que se podría explicar en función de que el P tiende a acumularse por igual en ramas, hojas y raíces (Montagnini, 1995); por lo que se podría inferir que en el pasto el fósforo tiende a acumularse en los tejidos foliares.

Por otra parte los contenidos de N, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn (Figuras. 8 y 9) fueron mayores en el bosque posiblemente debido a la mejor capacidad de absorber y recircular nutrientes y en especial por que se trata de especies pioneras que se caracterizan por presentar crecimientos rápidos y hojas relativamente grandes (Montagnini, 1993).

Por otra parte es importante considerar, que si bien es cierto que las especies arbóreas tienden a perder y acumular nutrientes en el tiempo; los pastos son más propensos a las pérdidas debido a que son fuente alimenticia de herbívoros, por lo que tienen menos tiempo para "acumular" nutrientes.

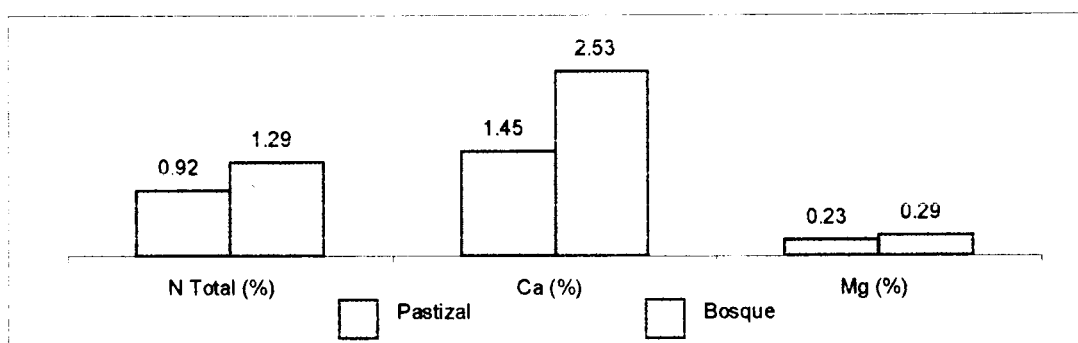


Figura 6 Contenidos de nutrientes en la hojarasca encontrados bajo un pastizal y un bosque secundario de 17 años.

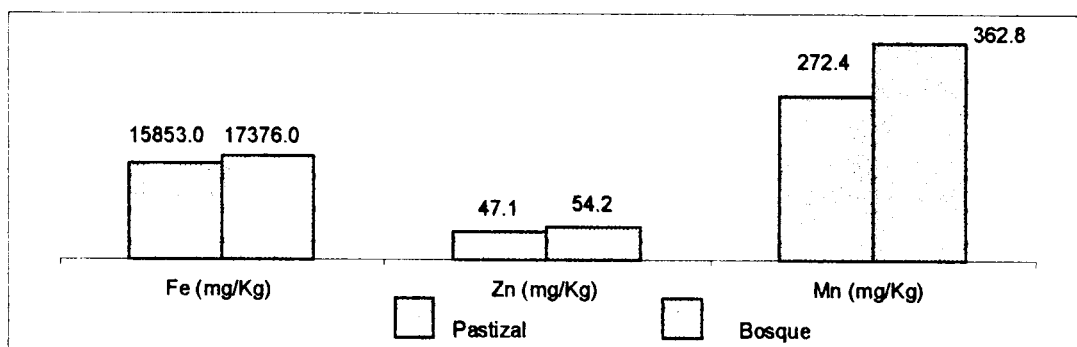


Figura 7. Contenidos de nutrientes en la hojarasca encontrados bajo un pastizal y un bosque secundario de 17 años.

En síntesis, la influencia del sub-factor vegetación en la formación de suelos o pedogénesis es relativamente muy poca. No obstante la cobertura forestal es de suma importancia desde el punto de vista protección; ya que a nivel de suelo puede mejorar la capacidad de infiltración y de circulación de gases al reducir la compactación; además mejora la recirculación de nutrientes minerales en el ecosistema y fundamentalmente afecta positivamente el microclima del sitio; ya que puede modificar el movimiento del viento y la intensidad de luz en el ecosistema, además favorece la condición isotemperaturas e incrementa en la humedad del mismo. Estas condiciones indudablemente favorecen la actividad biológica, que es esencial para la mineralización de la materia orgánica y la absorción de nutrientes por las plantas.

5. Conclusiones

5.1 Caracterización de la fertilidad de suelos

Los suelos donde se ubicaron los bosques de interés son de dos tipos: Andic Haplustepts en el sector norte y Typic Haplustepts (sector sur) que se caracterizan por presentar una menor influencia de cenizas volcánicas. Ambos presentaron una fertilidad que se puede considerar como de moderada a elevada. Los sitios muestreados se caracterizaron por no presentar problemas de acidez; la CICE se puede considerar como óptima y los contenidos de MO son normales. Los problemas nutricionales de los suelos evaluados son: 1)

- Deficiencia de P en todos los sitios muestreados.
- Deficiencias Zn en algunas parcelas de los bosques de 17 años; así como en la totalidad de las parcelas estudiadas en el pastizal.

- Deficiencias de Mn en algunas parcelas del bosque Pital de 17 años y la mayoría de las parcelas del pastizal.

5.2 Comparación entre un pastizal y un bosque secundario de 17 años de sucesión; sobre suelos afectados por cenizas volcánicas

5.2.1- En el ámbito de las propiedades físicas del suelo

- El pastizal mostró valores más elevados en densidad aparente, retención de humedad a 1 y 15 bares de presión (ns) y en la penetrabilidad; la conductividad hidráulica fue mayor en el bosque. Por lo que se asume que el desarrollo del bosque secundario redujo la compactación, la densidad aparente e incremento la conductividad hidráulica.

5.2.2- En el ámbito de las propiedades químicas del suelo

- Bajo cobertura de bosque secundario se encontraron mayores concentraciones de Ca, Mg, CICE, Zn, Mn y P (ns). En contraposición al pH (NaF), MO y los contenidos de K que fueron mayores en el pastizal.

5.2.3 En el ámbito de los nutrimentos encontrados en la hojarasca

- La hojarasca del bosque secundario aporta mayores contenidos de N, Ca, Mg, Fe (ns) y Mn (ns) caso contrario del P (ns) y K (ns) donde las muestras del pastizal presentaron contenidos ligeramente mayores.

Nota: (ns): Diferencia de promedios no significativa.

6. Literatura citada

Agüero, J; Alvarado, A. 1983. Compactación y compactabilidad de suelos agrícolas y ganaderos de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 7(1/2): 27-33.

Blanco, F; Salas, E. 1997. Micorrizas en la agricultura: Contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21(1): 55-67.

Bertsch, F. 1982. Fertilidad de nueve suelos clasificados como *Typic Dystrandept* en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 122p.

_____. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Segunda edición. Programa de Comunicación Agrícola, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 78 p.

- Budowski, G. 1983. Manejo de bosque secundario proveniente de un potrero abandonado. Curso intensivo: Prácticas agroforestales con énfasis en la medición y evaluación de parámetros biológicos y socioeconómicos. CATIE. Turrialba. 30 p.
- Daubenmire, R. 1972. Some ecologic consequences of converting forest to savanna in northwestern Costa Rica. *Tropical ecology* 13 (1): 31-51.
- Fassbender, H. 1987. Modelos Edafológicos de Sistemas Agroforestales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 475 p.
- Fournier, L. 1989. Importancia de la reforestación en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 13 (1):127-133.
- Gavande, S. 1979. Física de suelos: principios y aplicaciones. LIMUSA, Tercera reimpresión . México. 351 p.
- Henríquez, C.; Bertsch, F.; Salas, R. 1998. Fertilidad de Suelos: manual de laboratorio. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 64 p.
- Herrera, B. 1996. Evaluación del efecto del sitio en la productividad de las poblaciones de dos especies dominadas en un bosque tropical en la tercera fase de sucesión secundaria en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.100 p.
- Holdridge, L.R.; Granke; Hatheway; Liang; Tosi. 1971, Forest environments in tropical life zones (a pilot study). Pergamon press. 1° edición. London, Great Britain. 800p.
- Janzen, D. 1986. Guanacaste National Park: Tropical, ecological and cultural restoration. EUNED, San José, Costa Rica. P168p.
- Janzen, D. 1987. El crecimiento y la regeneración del bosque seco natural en el Parque Nacional Santa Rosa. Department of Biology, University of Pennsylvania. Philadelphia, Pennsylvania. 15 p.
- Jaramillo, V; Sanford, R. 1995. Nutrient cycling in tropical deciduous forest. In S.H Bullock, H. A. Mooney and E. Medina, (Eds). *Seasonally dry forest*, pp 347-388. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Mata, R. 1982. Variaciones pedogenéticas en tres secuencias del Pacífico Seco de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica.147p.
- Molina, C. 1973. Estudio de la fertilidad de cinco suelos de Guanacaste. Tesis de Lic. en Agronomía. UCR. San José, Costa Rica. 88p.

- Montagnini, F; Sancho, F. 1993. Reciclaje de nutrientes en plantaciones jóvenes con árboles nativos: estrategias para un manejo sustentable. *Yvyrareta* 4 (4): 9-23.
- Montagnini, F.; Fernández, R.; Hamilton, H. 1995. Relaciones entre especies nativas y la fertilidad de los suelos. Parte 1: Contenido de elementos en la biomasa. *Yvyrareta* 6 (6): 5-12.
- Spittler, P; Chaves, H; Vega, M. 1999. Mapa de uso y cobertura del suelo de la Estación Experimental Forestal Horizontes. Primera edición, TeleSig, UNA. Esc: 1:25000, Color.
- _____; Berrocal, A; Bertie, G; Alfaro, E. 1999. Dinámica y potencial económico de los bosques secundarios secos en la Región Chorotega, Costa Rica. Día de campo para profesionales forestales, Estación Experimental Forestal Horizontes. COSEFORMA, GTZ, TÖB, MINAE. Guanacaste, Costa Rica. 55p.
- Vallejos, O. 1996. Productividad y relaciones de índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para Tectona grandis, Bombacopsis quinatum y Gmelina arborea en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE; Turrialba, Costa Rica. 147p.
- Vargas, E; Fonseca, H. 1989. Contenido mineral y proteico de forrajes. EUCR, Primera edición. San José, Costa Rica. 217p.
- Werner, F. 1984. Changes in soil properties during tropical wet forest sucesion in Costa Rica. *Biotrópica* 16(1):43-50.
- Winters, A. 1997. Soil on pleistocene ignimbritic Bagaces Formation, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Agricultural University Wageningen, Holanda. 70p.

7. Agradecimientos

- Al Dr. Alfredo Alvarado, M.Sc. Adelaida Chaverri, M.Sc. Amelia Paniagua, M.Sc. Patrick Spittler, M.Sc. Paulina de Montes de Oca, Ing. Mauricio Arguedas, Sr. Minor Monge, EDECA/UNA, TELESIG/UNA, TÖB/GTZ (financiamiento), CIA/UCR, INISEFOR/UNA, EEFH/ACG, y a todas aquellas personas que de una u otra forma facilitaron o colaboraron en la realización de esta investigación.

ANEXOS

CUADRO 1

Características físicas del suelo bajo un bosque secundario intermedio y un pastizal en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica

Código	Edad (años)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Retención Humedad (1Bar)	Retención Humedad (15Bares)	C.Hidráulica (cm/hr) (30 min.)	C.Hidráulica (cm/hr) (50 min.)	Compactación (Kg/cm ²) _n	Pendiente (%)
Pastizal (Norte)	0	0.95 a	43.41 a	31.86 b	33.48 a	24.84 a	32.32 a	4 b
Andic Haplustepts								
Pital (Norte)	17	0.86 b	38.88 a	30.97 b	57.60 b	43.20 b	21.54 b	2 b
Andic Haplustepts								

Nota:

- Las diferencias entre promedios de sitios para un parámetro dado son estadísticamente significativas ($p < 0.05$) cuando presentan letras diferentes.

CUADRO 2

Concentración de elementos químicos en el suelo bajo un bosque secundario intermedio y un pastizal en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica

Tipo de Suelo	Código	Edad (años)	M.O %	pH (H ₂ O)	pH (NaF)	Ca cmol(+)/L	Mg cmol(+)/L	K cmol(+)/L	Acidez cmol(+)/L	CICE cmol(+)/L	P mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Zn mg/L
Andic Haplustepts	Pastizal (Norte)	0	6.94 a	6.57 a	8.81 c	8.56 c	2.25 d	1.04 b	0.16 a	12.01 c	6.51 b	6.71 b	55.07 c	3.06 c	0.74 c
Andic Haplustepts	Pital (Norte)	17	5.87 a	6.79 a	8.40 b	13.98 a	2.85 c	0.89 a	0.16 a	17.88 a	7.50 b	6.83 b	44.21 a	7.83 b	2.07 a

Nota:

- Las diferencias entre promedios de sitios para un parámetro dado son estadísticamente significativas ($p < 0.05$) cuando presentan letras diferentes.

CUADRO 3

Concentración de elementos químicos en la hojarasca muestreados bajo un bosque secundario intermedio y un pastizal en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica

Código	Edad (años)	Número Total (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Contenido Humedad (%)	Humedad Gravimétrica (%)
Pastizal (Norte)	0	0.92 b	0.12 b	1.45 b	0.23 a	0.21 a	15.853 a	39 a	47 a	272 b	37 b	64 b
Pital (Norte)	17	1.29 a	0.11 b	2.52 a	0.29 b	0.16 a	17.376 a	51 c	54 a	363 b	56 a	133 a

Nota:

- Las diferencias entre promedios de sitios para un parámetro dado son estadísticamente significativas ($p < 0.05$) cuando presentan letras diferentes

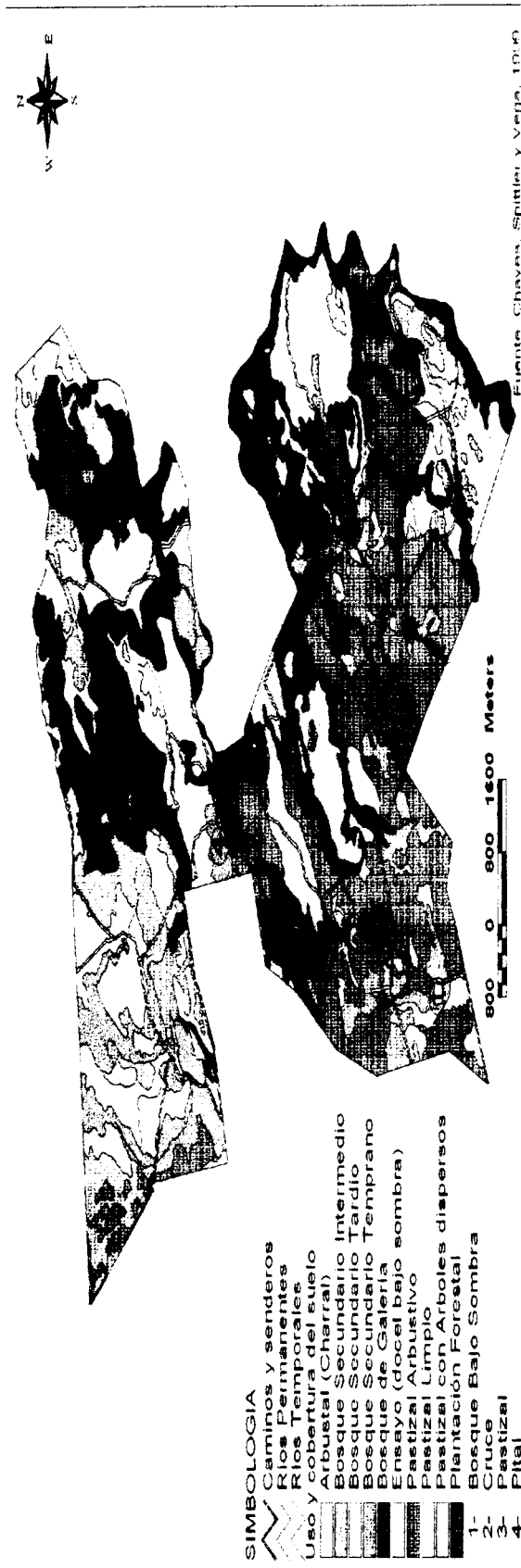


Figura 8. Mapa de uso y cobertura del suelo de la EEFH

GUIAS PARA EL TRABAJO EN EQUIPOS

COMISION DE INVESTIGACION FORESTAL

GUIA PARA EL TRABAJO EN GRUPO

La guía será la siguiente:

Cada grupo deberá nombrar un Coordinador – relator y un Secretario. El Coordinador – Relator dirigirá la sesión grupal y expondrá las conclusiones del grupo durante el plenario. El secretario tomará nota de las discusiones del grupo, recolectará el material y redactará las conclusiones grupales.

Trabajo Grupal:

PASO 1:

Cada individuo enumerará los 3 principales problemas detectados relacionados con la nutrición forestal y los priorizará, siendo el 1) el problema principal. Cada problema deberá ser anotado en una tarjeta diferente.

PASO 2:

El coordinador recogerá las tarjetas y las agrupará según la similitud de los problemas anotados. El que se repita el mayor número de veces será el problema principal y así sucesivamente, hasta conformar un conjunto de problemas principales enumerados por el grupo.

PASO 3:

Siguiendo la misma metodología anotada en los pasos 1 y 2, aporten soluciones para los 3 principales problemas anotados, hasta obtener una propuesta grupal. El coordinador repartirá 3 tarjetas por individuo, una para cada problema principal escogido por el grupo. Luego, el coordinador recoge las tarjetas y elabora un resumen de las soluciones propuestas.

PASO 4:

Realicen en forma individual un listado de las 5 principales especies en las cuales consideren necesario se realice investigación en nutrición forestal. Para esto el coordinador repartirá una tarjeta por persona y las recogerá una vez llenas.

PASO 5:

Confeccionen un listado grupal de las 5 principales especies en las cuales hace falta investigación forestal para ser exitosos en reforestación. Anótenlas en orden de prioridad (la especie numerada como 1) será la más importante) en el cuadro proporcionado dentro del material para tal efecto.

Posteriormente, completen ese cuadro indicando, para cada una de las 5 especies citadas lo siguiente: 1) Factores limitantes detectados en relación con suelos y nutrición forestal que afectan el desarrollo de la especie. 2) Impacto en el sitio, específicamente en el suelo, de la especie citada. 3) Sugerencia de posibles investigaciones institucionales e interinstitucionales que deben hacerse en relación con suelos y nutrición forestal para estas especies.

PASO 6:

Brinden un resumen de la opinión grupal en relación con la fertilización química vs. fertilización orgánica para las especies forestales, completando el cuadro que se les entrega dentro del material para este efecto.

LISTADO DE ESPECIES
(Paso 5 de la guía para el trabajo en grupo)

NOMBRE DE LA ESPECIE	Factores limitantes detectados con relación a suelos y nutrición forestal que afectan el desarrollo de la especie	Impacto en el sitio, específicamente en el suelo, de la especie citada	Sugerencia de posibles investigaciones institucionales e interinstitucionales que deben hacerse en relación con suelos y nutrición forestal para esta especie.
ESPECIE :			
ESPECIE:			
ESPECIE:			

**GUÍA DE TRABAJO GRUPAL
(Paso 6)**

	FERTILIZACIÓN QUÍMICA	FERTILIZACIÓN ORGÁNICA
VENTAJAS		
DESVENTAJAS		

CONCLUSIONES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

CONCLUSIONES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

I. Principales problemas detectados en relación con la nutrición forestal y posibles soluciones

GRUPO 1

Problemas señalados

1. Escaso conocimiento sobre los requerimientos nutricionales de las distintas especies utilizadas en plantaciones.
2. Desconocimiento preciso sobre cuándo y cómo es más adecuada la fertilización.
3. Desconocimiento del impacto de la plantación de las distintas especies sobre el sitio, a largo plazo.

Posibles soluciones

- Realizar estudios para determinar factores limitantes del crecimiento de aquellas especies que se consideren prioritarias.
- Establecer una red para intercambio de la información que se genere y de la existente.
- Realizar investigaciones prácticas en coordinación con la empresa privada.
- Realizar estudios del impacto de las especies sobre el sitio al final de la rotación, clasificación según calidades de sitio.

GRUPO 2

Problemas señalados

1. Escasos conocimientos en cuanto a nutrición forestal y poca disponibilidad y transferencia de los existentes, así como de sus beneficios.
2. Desconocimiento sobre la calidad de sitio requerida por especies y ausencia de una zonificación.
3. La silvicultura de plantaciones se desarrolla principalmente en condiciones de sitio limitantes.

Posibles soluciones

- Sistematización de la información existente ya sea por medio de una base de datos o una red.

- Fomentar la investigación en áreas determinadas como prioritarias en el tema de nutrición forestal.
- Establecer mecanismos adecuados de transferencia de la información y ejecución eficaz de los mismos.
- Promover la realización de estudios sobre la respuesta de especies prioritarias a diferentes sitios, con el fin de poder elaborar zonificaciones por especie.
- Mejorar la información de ingenieros forestales en cuanto a suelos y nutrición forestal.

GRUPO 3

Problemas señalados

1. Falta investigación sobre los requerimientos nutricionales por especie.
2. No existe claridad en el sector sobre para qué y cuándo aplicar la nutrición forestal.
3. Falta de sistematización de los conocimientos existentes sobre nutrición forestal y ausencia de mecanismos adecuados de transferencia.

Posibles soluciones

- Recopilación y sistematización de la información existente. Establecer alianzas estratégicas.
- Priorización de la investigación necesaria por especies seleccionadas.
- Mejorar la formación del ingeniero forestal en cuanto a suelos y nutrición forestal.
- Coordinación entre las instituciones involucradas en la investigación de la temática (UNA, UCR, EARTH, CATIE, ITCR, sector privado).
- Elaboración conjunta de una guía que facilite la investigación en este tema.

II. Especies señaladas como prioritarias de estudiar en relación con la nutrición forestal

GRUPO 1

Teca	<i>Tectona grandis</i>
Melina	<i>Gmelina arborea</i>
Cebo	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Botarrama	<i>Vochysia ferruginea</i>
Pilón	<i>Hyeronima alcheomoides</i>

GRUPO 2

Teca	<i>Tectona grandis</i>
Melina	<i>Gmelina arborea</i>
Cebo	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>
Amarillón	<i>Terminalia amazonia</i>

GRUPO 3

Melina	<i>Gmelina arborea</i>
Teca	<i>Tectona grandis</i>
Cebo	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Botarrama	<i>Vochysia ferruginea</i>
Pilón	<i>Hyeronima alcheornoides</i>
Cedro	<i>Cederla odorata</i>
Amarillón	<i>Terminalia amazonia</i>
Surá	<i>Terminalia oblonga</i>
Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>

III. Fertilización química vs. Fertilización orgánica

GRUPO 1

	Fertilización química	Fertilización orgánica
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">▪ Efecto inmediato▪ Transporte más barato	<ul style="list-style-type: none">▪ Reciclaje de productos de desecho▪ Liberación prolongada▪ Mejora la física del suelo
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">▪ Contaminación del sitio y efectos posteriores por lixiviación▪ Persistencia de efectos▪ Falta conocimiento sobre dosis y momentos de aplicación▪ Dependencia del petróleo y del mercado	<ul style="list-style-type: none">▪ Altos costos de transporte

GRUPO 2

	Fertilización química	Fertilización orgánica
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">▪ Mucha disponibilidad▪ Concentración más alta de nutrientes▪ Información precisa▪ Más barata	<ul style="list-style-type: none">▪ Producción amigable con el medio ambiente▪ Acorde con lineamientos de certificación
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">▪ No se presentaron	<ul style="list-style-type: none">▪ No se presentaron

GRUPO 3

Con relación a este punto, el grupo considera que el resultado de la nutrición forestal lo determina el costo-beneficio a corto, mediano y largo plazo: por lo que no deben contraponerse la fertilización química a la orgánica como opción de decisión.

IV. Algunos otros aspectos señalados por los grupos

Sugerencias para temas de investigación:

- Requisitos nutricionales para las primeras etapas (vivero).
- Requisitos para las plantaciones forestales, factores limitantes. Para esto se propone ensayos en distintos sitios por especie.
- Investigación en cuanto a fertilización de especies forestales.

LISTADO DE PARTICIPANTES

Listado de participantes

- Marcelino Montero
CATIE
- José Francisco Di Stefano
Universidad de Costa Rica
- José Luis Salas
FONAFIFO
- Ginnette Alicia Cruz Ríos
Universidad Nacional
- Silvia Abdelnour
Universidad Estatal a Distancia
- Sonia Rojas
OPES – CONARE
- Víctor Meza Picado
Universidad Nacional
- Florencia Montagnini
CATIE
- Estrella Guier
Universidad Estatal a Distancia
- Evelyn Chaves Jaén
Universidad Nacional
- Donald Bruce Zeaser
DONASA – Ston Forestal
- José Alberto Cubero
FONAFIFO
- Roxana Chacón Hidalgo
Asociación de Mujeres Forestales
- Marcela Arguedas
Instituto Tecnológico de Costa Rica

- Eladio Chaves
Universidad Nacional
- Víctor Julio Araya
Muebles y Maderas Buenos Aires
- Alejandra Patricio Gonzalez-Daimiel
Bosque Puerto Carrillo S.A.
- Rodolfo Leandro Ulloa
Universidad Nacional
- Francisco Matamoros Hernández
Universidad Nacional
- Víctor Arce Ledezma
Universidad Nacional
- Henry Ramírez Molina
Universidad Nacional
- Marisol Hidalgo Prada
Universidad Nacional
- Igor Zúñiga Garita
Universidad Nacional
- Lucía Rodríguez Sánchez
Instituto Tecnológico de Costa Rica
- Patricia Ruiz Madariaga
COSEFORMA
- Yael's Camacho Hernández
Universidad Nacional
- Helmut Jonson
Consultor Independiente
- William Fonseca González
Universidad Nacional
- Carlos Luis Gamboa Guzmán
AFORSA S.A.

- Albert Morera Beita
Purdive Forestales S.A.
- María Elena Herrera Ugalde
Universidad Nacional
- Paulina Montes de Oca
OET
- Eugenio González
OET
- Luis Diego Pérez Cordero
CATIE
- Arturo Van der Linden
Bosque Puerto Carrillo S.A.
- Jorge Hernández Salas
FONAFIFO
- Ronny Muñoz
Colegio Ingenieros Agrónomos
- Floria Bertsch
Universidad de Costa Rica

Impreso por el Programa de Publicaciones e
Impresiones de la Universidad Nacional,
en el mes de noviembre del 2000, bajo la Dirección
de Maximiliano García Villalobos.

Autorizado por la Oficina de Transferencia Tecnológica
y de Prestación de Servicios de la Universidad Nacional.

La edición consta de 100 ejemplares en papel bond
y portada en cartulina barnizable.



000066—PUNA

UNA
UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA