

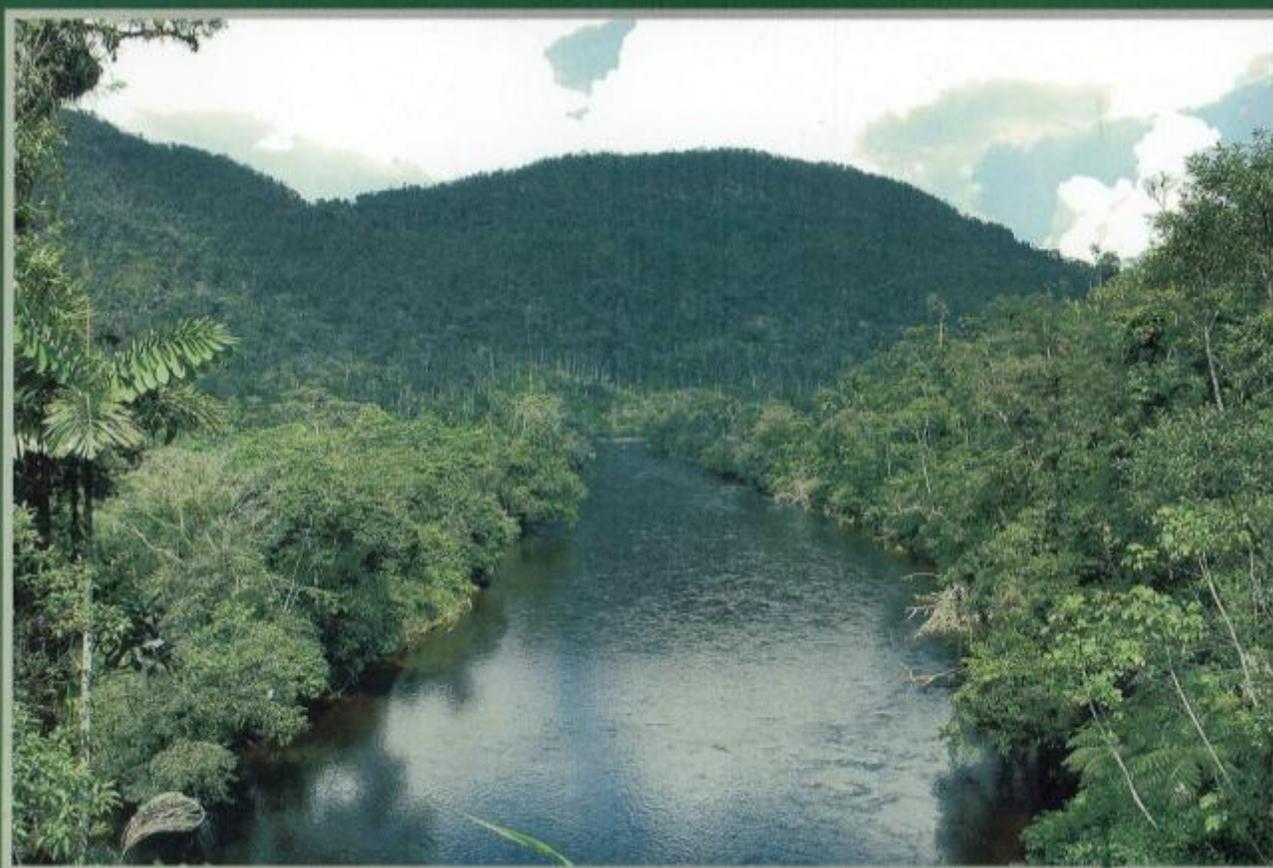
ISSN: 1390-6135



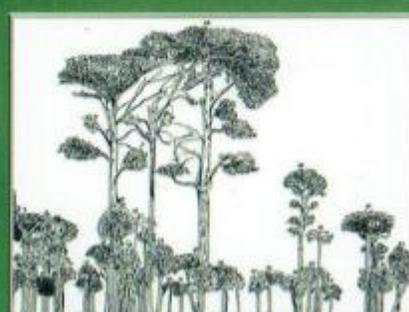
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

# **ECOLOGÍA FORESTAL**

REVISTA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



Volumen 1, No. 1, Loja, Ecuador 2010





Universidad Nacional de Loja  
Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables  
Carrera de Ingeniería Forestal

Dr. Gustavo Villacís Rivas  
RECTOR

Dr. Ernesto González Pesantes  
VICERRECTOR

Revista Ecología Forestal  
Volumen 1, No. 1  
2010

**Comité Editorial**

- Jorge García Luzuriaga, Mg. Sc.  
Coordinador de la Carrera de Ingeniería Forestal
- Nikolay Aguirre Mendoza, Ph.D.  
Profesor de la Carrera de Ingeniería Forestal

**Comité de Revisión**

Nikolay Aguirre Mendoza, Ph.D.  
Zhofre Aguirre Mendoza, Mg.Sc.  
Luis Sinche Fernández, Mg.Sc.

**Portada:** Ing. Deicy Lozano

La reproducción y traducción parcial o total de los trabajos publicados en la Revista "ECOLOGÍA FORESTAL" por terceros, se ajusta a las normas de la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

COMISIÓN EDITORIAL DE LA UNL

Dr. Ernesto González Pesantes  
PRESIDENTE

Dr. Tito Muñoz  
DOCENTE ÁARNR

Dr. Milton Andrade Tapia  
DOCENTE ÁEAC

Dr. Noé Bravo Vivar  
DOCENTE ÁEAC

Dr. Fidel Maldonado Tapia  
DIRECTOR CERACYT

Lic. José Iñiguez Cartagena  
DIRECTOR CUDIC

Lic. Victor Vicente Regalado Valarezo  
DIRECTOR EDITORIAL UNIVERSITARIA

## CONTENIDO

EDITORIAL.....	5
INVESTIGACIÓN.....	7
<b>Diversidad florística del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus para el Monitoreo del Cambio Climático</b> <i>Paúl Eguiguren, Tatiana Ojeda y Nikolay Aguirre</i> .....	7
<b>Estudio comparativo de métodos indirectos para la estimación de índice de área foliar en áreas de pastizales abandonados</b> <i>Gabriel Gaona y Jorge García Luzuriaga</i> .....	19
<b>Diversidad de anfibios y reptiles de un bosque seco en el sur occidente del Ecuador</b> <i>Diego Armijos Ojeda y Katusca Valarezo</i> .....	30
<b>Evaluación del efecto de la inoculación con hongos micorrízicos en la propagación de <i>alnus acuminata</i> y <i>morella pubescens</i></b> <i>Narcisa Urgiles Gomez, Lucía Quichimbo, Arthur Schuessler, Claudia Krueger</i> .....	37
<b>Diversidad florística y estructura del bosque nublado en el sur occidente del Parque Nacional Podocarpus</b> <i>Celso Yaguana, Deicy Lozano, Zhofre Aguirre</i> .....	47
<b>Flora y endemismo del bosque húmedo tropical de la Quinta El Padmi, Zamora Chinchipe</b> <i>Elsa Naranjo, Tito Ramírez y Zhofre Aguirre</i> .....	61
<b>Crecimiento inicial de <i>Tabebuia chrysantha</i> y <i>Cedrela montana</i> con fines de rehabilitación de áreas abandonadas en el trópico húmedo ecuatoriano</b> <i>Darlin González Ruth Poma, Milton Ordóñez, y Nikolay Aguirre</i> .....	73
<b>Germinación de <i>Ficus insípida</i>, especie protectora de vertientes de agua en el cantón Paltas</b> <i>Alexandra Condo y Clemencia Herrera</i> .....	81
<b>Evaluación de la composición florística de la regeneración natural del bosque tropical de montaña en la estación científica san francisco bajo diferentes intensidades de raleo selectivo</b> <i>Johana Muñoz y Luis Muñoz</i> .....	88

<b>Anatomía macroscópica y algunas características físicas de siete especies maderables de pie de monte de la zona alta de la Cuenca del río Puyango</b> <i>Héctor Maza Chamba</i> .....	100
<b>REVISIONES</b> .....	
<b>Trayectoria Académica de la Carrera de Ingeniería Forestal</b> <i>Napoleón López Tandazo</i> .....	112
<b>Calentamiento Global y sus implicaciones en el Ecuador</b> <i>Nikolay Aguirre Zhofre Aguirre y Tatiana Ojeda</i> .....	119
<b>Las plantas vasculares como indicadores de la calidad y problemas de los ecosistemas</b> <i>Zhofre Aguirre M. y Cristhian Aguirre</i> .....	125
<b>Experiencias de propagación asexual en especies forestales en la provincia de Loja</b> <i>Manuel Quizhpe Córdova y Hugo Sáenz Figueroa</i> .....	139

## EDITORIAL

La preocupación actual por los recursos naturales, en particular los forestales, ha adquirido una importancia sin precedentes en el mundo. Los motivos son evidentes; el grave daño que se ha hecho a los ecosistemas que cobijan a los seres humanos está afectando severamente sus condiciones de vida, haciendo peligrar el futuro mismo de la tierra. El tema ya no sólo agobia a los directamente agredidos por estos problemas sino que se ha convertido en un problema de carácter global, que traspasa fronteras y amenaza a todos por igual.

La presencia e interés por la conservación de los bosques en los grandes foros nacionales e internacionales, es evidente; esta inquietud está trascendiendo la simple retórica y ya se cuestionan y replantean los actuales estilos de vida y de desarrollo, proponiéndose la búsqueda de salidas viables a estos grandes problemas, dentro de un clima de progreso y bienestar colectivos, como legado viviente para las futuras generaciones.

América Latina alberga en su territorio la cuarta parte del total de zonas forestales del mundo y la mitad de bosques y selvas tropicales que quedan en el planeta, con una biodiversidad que se aproxima a las 85 000 especies, el 31 % del total mundial. Incomprensiblemente, sus abundantes recursos naturales, bosques, selvas y biodiversidad mayor que cualquier otro continente están sujetos a procesos de destrucción acelerados que contribuyen a acrecentar los cinturones de pobreza en las zonas rurales.

Esto justifica la preocupación mundial y al mismo tiempo el creciente interés por la conservación de bosques y ecosistemas en general; sin embargo, el acentuado protagonismo, duplicación de esfuerzos, falta de coordinación entre agencias e instituciones, trabajo conjunto y poca participación local en regiones deprimidas donde las desigualdades económicas constituyen el principal factor de deforestación, ponen en riesgo las iniciativas de conservación, el mejoramiento del régimen fiscal y legal, la distribución equitativa de beneficios y el fortalecimiento de las capacidades públicas y privadas de gestión, mejoraría la situación que hoy por hoy se da en nuestro país.

La participación local y autogestión en el manejo de recursos naturales, no ha sido objetada, es hora que los futuros acuerdos y convenios la tengan presente. Sin descartar que la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales y especialmente de los bosques se garantizará en la medida que podamos pasar la factura de los servicios ambientales como la captación de CO<sub>2</sub>, que sería más rentable que la misma producción maderera.

La Carrera de Ingeniería Forestal, con la grata oportunidad de celebrar los 35 años de creación, ponemos a consideración de los profesionales y de la colectividad en general el primer volumen de la revista "**Ecología Forestal**". La presente publicación contiene varios artículos científicos elaborados por profesionales egresados de esta Unidad Académica, quienes a lo largo de su práctica profesional han cosechado valiosas experiencias que hoy las hacen trascendentes como un aporte y colaboración al celebrar un año más de su creación.

La Coordinación de Carrera, quiere rendir tributo de esta manera a todos los estamentos que la conforman y desear un futuro brillante a la profesión forestal, a sus egresados y a sus estudiantes que son la razón de la carrera, así mismo dejamos constancia de nuestra gratitud al Comité Editorial.

*Jorge García Luzuriaga*

# EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS EN LA PROPAGACIÓN DE *Alnus acuminata* y *Morella pubescens*.

Narcisa Urgilés Gómez<sup>1\*</sup>, Lucía Quichimbo<sup>2</sup>,  
Arthur Schuessler<sup>3</sup>, Claudia Krueger<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son indispensables para el crecimiento y desarrollo de especies forestales. Las especies de *Alnus acuminata*. H.B.K y *Morella pubescens* (Humb. & Bonpl. Ex Wild.) Wilbur **Sinónimos:** *Myrica pubescens* H. & B. ex wild. Establecen una relación simbiótica dual con hongos micorrízicos arbusculares y *Frankia*, bacterias actinorrizas. El presente estudio estuvo enfocado a la aplicación de inóculos nativos de micorrizas en la propagación de especies forestales, por ello se realizó un bioensayo en el invernadero utilizando las especies en estudio como plantas hospederas inoculados con sustrato micorrízico. Durante el experimento se evaluaron el crecimiento de las plántulas en altura y diámetro después del transplante, a los

tres y seis meses, mientras que el porcentaje de colonización de micorrizas y biomasa foliar y radicular se realizó en plántulas de seis meses de crecimiento. Las dos especies propagadas en invernadero demostraron un mejoramiento en el crecimiento al ser inoculadas con propágulos de hongos micorrízicos, respecto de los controles (plantas sin inóculo) indicando diferencia estadística al aplicar one-way ANOVA y la prueba de Tukey aplicado para evaluar estadísticamente el crecimiento de las plantas con y sin inóculos micorrízicos con una probabilidad de 0,05 en las dos especies propagadas en el vivero forestal.

**Palabras claves:** Hongos micorrízicos arbusculares, inóculos nativos, actinorrizas, especies forestales, invernadero.

<sup>1</sup> Fundación Alemana para la Investigación (DFG), ResearchUnit-816. Loja. Ecuador. narcisamug@gmail.com

<sup>2</sup> Laboratorio de Fisiología Vegetal, Universidad Nacional de Loja

<sup>3</sup> Department Biology, Grosshaderner Str. 4, D-82152 Planegg Martinsried. Alemania.

\* Autor para correspondencia

## INTRODUCCIÓN

Actualmente los ecosistemas naturales se encuentran modificados por el accionar de las actividades antrópicas (agricultura intensiva, minería, industria, deforestación) causando el desaparecimiento paulatino de comunidades vegetales naturales y a la par la destrucción de comunidades de microorganismos, generando inconvenientes en la adaptación y sobrevivencia de especies vegetales destinadas a la restauración de ecosistemas (Moncayo 2007).

La mayoría de las especies forestales están asociadas con hongos simbióticos que forman micorrizas que permiten la absorción de nutrientes, mayor captación de agua y estimulan el crecimiento aéreo y radicular (Smith y Read 1997). Dos tipos de micorrizas son actualmente distinguidas en las especies forestales: hongos micorrízicos arbusculares (HMA) formando estructuras como arbusculos y vesículas y las ectomicorrizas (ECM) que forman el manto de hifas y la red de Harting. Los HMA están formados por los hongos *Glomeromycota* anteriormente dentro de los hongos *Zigomycetes* (Schuessler 2001). Mientras que los ECM son hongos *Ascomycetes* y *Basidiomycetes* que tienen la capacidad de movilizar minerales disponibles para las plantas (Read 1991, Read y Pérez 2003). Es importante conocer el papel que cumplen las micorrizas al asociarse con la mayoría de las plantas, y el beneficio que proporcionan a las plantas para su sobrevivencia.

Las micorrizas en vivero y en ensayos de campo no han sido utilizadas a gran escala, a pesar de haber existido hace años atrás dentro de una compleja co-evolución de 400 millones de años (Simón et al. 1993). Algunas investigaciones confirman la naturaleza multifuncional de la simbiosis en el sistema suelo-planta-clima, ampliando sus beneficios potenciales a movilización de nutrientes de sustratos complejos, optimización de productividad en suelos con niveles bajos de insumos, resistencia a factores bióticos y abióticos de estrés, restablecimiento de suelos erosionados o degradados y otros, contribuyendo a la supervivencia,

fecundidad y adaptación de los organismos involucrados (Duchicela et al 2004). Recientes investigaciones revelan éxito en el aislamiento y reproducción de estos microorganismos del suelo utilizados como inóculos (Hernández 2000).

El conocimiento de esta asociación simbiótica no solo debe interesar a los investigadores, sino a todos los involucrados en el manejo forestal en la búsqueda de nuevas alternativas para un mejor crecimiento y desarrollo de especies forestales.

Con este panorama, se precisa realizar ensayos de propagación de especies forestales y generar información sobre inóculos nativos micorrízicos, recalando la importancia de la simbiosis mutualista hongo-planta que vayan en beneficio de la sobrevivencia de especies forestales en vivero y plantaciones. Las especies forestales utilizadas para evaluar la efectividad del inóculo de HMA fueron escogidas por su importancia ecológica y económica para la gente local y la disponibilidad de semillas (Urgilés et al. 2009).

El objetivo del presente trabajo consiste en comparar la efectividad de diferentes inóculos micorrízicos nativos evaluados en el crecimiento y desarrollo de *A. acuminata* y *M. pubescens* propagados en invernadero y el grado de colonización micorrízica de cada especie forestal y tratamiento, útiles para el establecimiento de plantaciones forestales, reforestación y restauración de áreas degradadas en el sur del Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de plántulas

La propagación se realizó en el invernadero del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, situado a 2.160 ms.n.m. Con coordenadas de (04° 02' 90'' S, y 79° 11' 49'' W), con una temperatura promedio de 15 a 29 °C.

Las semillas de *A. acuminata* y *M. pubescens* fueron colectadas al noreste de la hoya de Loja (Vía Zamora). El sustrato para la germinación de semillas consistió en arena de mina y tierra de páramo (1:1). Las plántulas fueron trasplantadas en fundas individuales de polietileno (1000 cm) después de 6 semanas de su germinación en las dos especies. El sustrato para el trasplante de plántulas consistió en arena de mina y suelo de páramo (3:1) La desinfección del sustrato de germinación y trasplante se hizo a vapor a 120 °C por 2 horas

### Obtención de Inóculos

**Inóculo de rodales forestales:** Se utilizó inóculo de rodales naturales de *A. acuminata* y *M. pubescens* consistió en suelo de la rizosfera del suelo (20 cm de profundidad) de 10 árboles muestreados, seguidamente se mezcló la tierra colectada de los diferentes árboles con la finalidad de obtener mayor diversidad de esporas, micelio externo e interno de HMA, los rodales se localizaron en la hoya de Loja.

**Inóculo UNL:** Este tipo de inóculo fue producido en el vivero forestal de la Universidad Nacional de Loja. Se obtuvo después de dos ensayos preliminares para inocular *A. acuminata* y *M. pubescens*. En el primer ensayo se utilizaron como plantas trampa: *T. chrysantha*, *H. americanus*, *I. acreana* y *C. montana*, estas plantas fueron inoculadas con suelo proveniente de bosque y suelos agrícolas de la hoya de Loja, las plántulas crecieron durante 6 meses en vivero y posteriormente con el sustrato y raíces colectados de las cuatro especies se montó un segundo ensayo en el que se inoculó plántulas de *C. montana* y *H. americanus*. En los dos ensayos se evaluaron variables de crecimiento como: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, biomasa foliar y radicular). Cantidad de esporas por g de sustrato, y el grado de colonización por HMA (Urgilés et al. 2009).

Para la descripción y conteo de esporas de HMA el sustrato de *C. montana* y *H. americanus*, provenientes del segundo ensayo, el aislamiento de esporas de HMA se realizó con el método del tamizado y decantado (Gedermann y Nicholson,

1963). Para la caracterización de morfo-tipos de esporas se tomaron sus características morfológicas: tamaño, color, forma, ornamentación, número de capas en las esporas, presencia y ausencia de hifas supresoras (Fig. 4. Ver anexo). Las esporas encontradas fueron comparadas con descripciones disponibles en <http://invam.caf.wvu.edu/cultures/cultsearch.htm>. Las observaciones microscópicas indicaron que las raíces de las especies trampa, estuvieron colonizados con hongos micorrízicos de las especies de *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora* (Urgilés et al. 2009).

Previo a la inoculación de los HMA se determinó el número de esporas en 100 g de suelo seco. La conservación del inóculo fue a 4 °C en refrigeración por un año antes de la inoculación en *A. acuminata* y *M. pubescens* en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Área de Recursos Naturales.

**Suelo estándar de vivero:** El sustrato utilizado en los controles fue una mezcla de sustrato estándar de arena de mina y tierra de páramo en un relación 3:1. En el primer control no se hizo desinfección alguna mientras que en el segundo control sí se desinfectó el sustrato con vapor con la finalidad de eliminar microorganismos existentes en el mismo.

La inoculación de micorrizas en especies forestales se hizo al momento del trasplante de las plántulas en fundas plásticas, en el hoyo de siembra se colocó 10 g de cada inóculo a las especies en estudio.

### Diseño estadístico

El diseño estadístico consistió en un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos, seis plantas con cinco réplicas, en total 30 plántulas por especie forestal y tratamiento, resultando un total de 120 plántulas de *A. acuminata* y *M. pubescens* respectivamente (ver Cuadro 1).

El análisis estadístico se hizo con el programa SPSS versión 14, utilizando las variables de crecimiento de las plántulas con un análisis de one-way ANOVA, utilizando la prueba Tukey, basados en la significancia estadística de  $\alpha = 0,05$ .

Cuadro 1. Tratamientos de sustratos micorrízicos en plántulas de *A. acuminata* y *M. pubescens* en el vivero forestal de la Universidad Nacional de Loja (UNL)

Código	Descripción de Tratamientos
T01	Control 1. Suelo estándar de vivero sin esterilización
T02	Control 2. Suelo estándar de vivero esterilizado
T3	10g *cóctel de micorrizas (inóculo producido en la UNL)
T4	10g de suelo provenientes de rodales de <i>A. acuminata</i> y <i>M. pubescens</i> aplicados respectivamente

\*Coctel de micorrizas: sustrato arenoso con raicillas, micelio extraradical e intraradical y esporas de HMA provenientes de plántulas de *C. montana*, *H. americanus*.

**Evaluación del efecto de las micorrizas en especies forestales**

En vivero se tomaron las variables de altura de la planta y diámetro del tallo después del transplante, a los tres y a los seis meses de crecimiento. La evaluación de biomasa foliar y radicular fue de 5 plantas, tomadas al azar por especie y tratamiento a los seis meses de crecimiento, la biomasa fue secada en estufa a 90 °C por 24 horas.

La descripción y evaluación del porcentaje de micorrizas también se la realizó a los seis meses cosechándose raicillas de 5 plantas, sumergiéndolas en KOH al 10% por 2 horas en baño maría a 60 °C, seguidamente se enjuagó en agua normal dos veces y se neutralizó con ClH al 10% por 5 minutos, posteriormente se sumergió las raicillas en azul de metileno 0,05% y ácido láctico al 90% por 8 horas en baño maría a 60 °C. (Grace y Stribley 1991) con modificaciones. Los montajes se hicieron en porta objetos para las observaciones microscópicas de la colonización de los segmentos de raicillas (2 cm), en un total de 30 segmentos por especie forestal y tratamiento. Las clases de colonización de micorrizas con porcentaje fueron evaluadas de acuerdo Trouvelot et al. (1986).

**RESULTADOS**

**Evaluación del crecimiento de las especies forestales**

El crecimiento de las plántulas de *A. acuminata* y *M. pubescens* inoculados con HMA reaccionaron con un mayor crecimiento en comparación con las plantas del tratamiento de los controles (Fig.1) los tratamientos de tierra de rodales e inóculo de la UNL fueron estadísticamente significativos en las variables de altura de la planta y diámetro del tallo a un centímetro de la base del tallo a los tres y seis meses. Además hubo diferencia estadística frente al crecimiento de las plántulas de los controles, suelo estándar desinfectado y no desinfectado. Las plántulas de *A. acuminata* a los seis meses alcanzaron un promedio en altura en crecimiento de 23 cm con el tratamiento de tierra de rodales, y con el inóculo de la UNL 16 cm de altura, estos datos fueron comparados al crecimiento de las plantas del control 1 y 2 con aturas de 12 y 13 cm respectivamente, mientras que plántulas de *M. pubescens* a los seis meses fueron de 24 cm en plántulas inoculadas con tierra de rodales (T4), inóculo UNL 15,0cm. Control 1. 14,8 cm y Control 2. 9,2 cm.

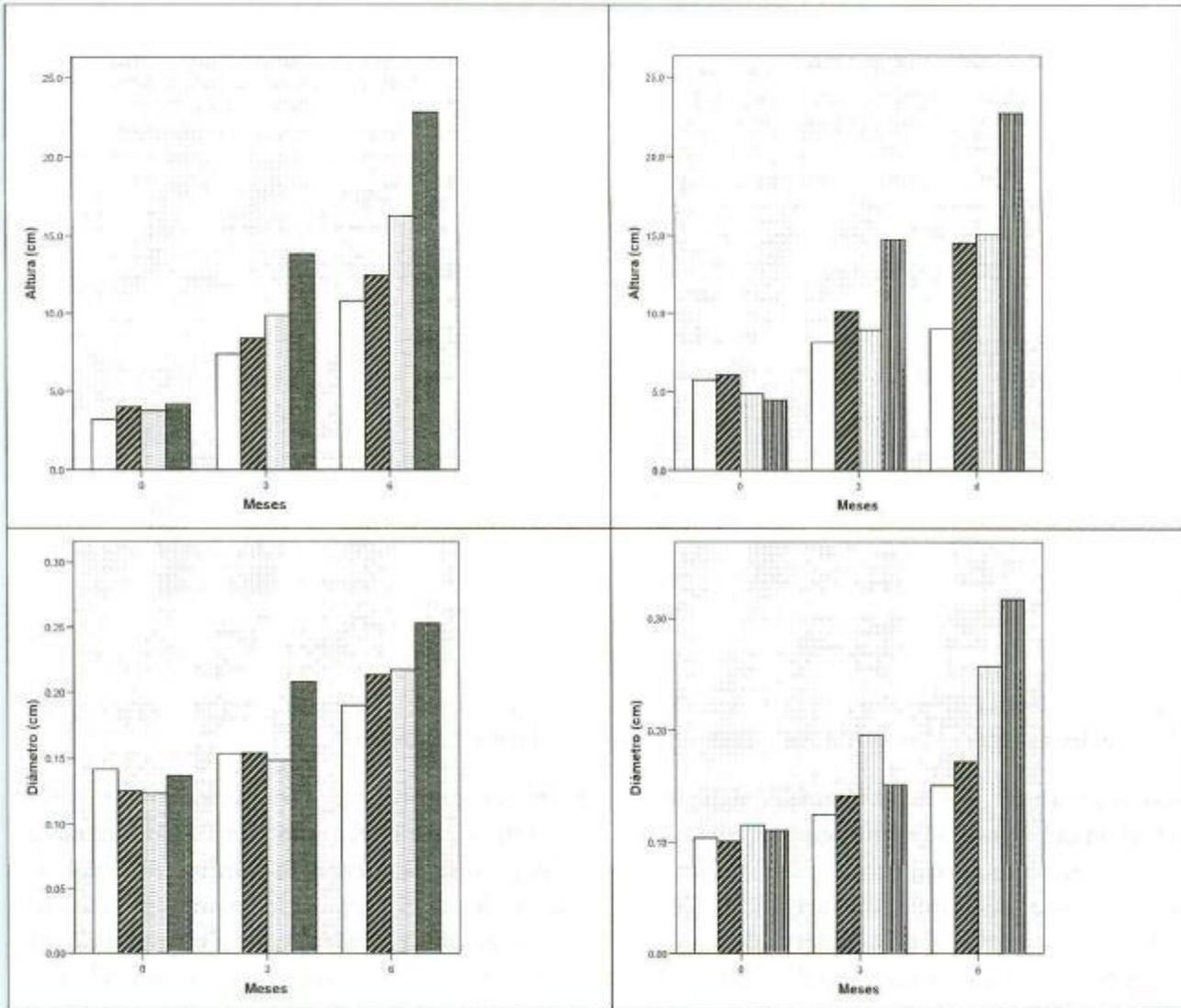


Figura 1. Altura y diámetro de plántulas de *A. acuminata* (A) y *M. pubescens* (B), después del transplante, tres y seis meses de crecimiento. Diferentes letras representan diferencia significativa a  $p < 0,05$  entre tratamientos.

La biomasa foliar y radicular de las especies de *A. acuminata* y *M. pubescens*, fueron significativamente apreciables en las plantas micorrizadas, el inóculo producido en el vivero forestal de la UNL, alcanzó el mayor peso en biomasa radicular en *A. acuminata* 820 g y 780 g con el inóculo tierra de rodales, las plántulas del control 1, 210 g y control 2, obtuvieron un peso de 190 g mientras que en plántulas de *M. pubescens* tuvo su mejor producción en biomasa radicular fue con el inóculo de

tierra de rodales con 830 g y plántulas inoculadas con inóculo de la UNL 440g en comparación con la biomasa radicular del control 1 y 2 con valores de 200 g y 290 g respectivamente.

Los datos obtenidos en biomasa foliar y radicular en los controles presentaron diferencias estadística frente a los tratamientos correspondientes a los sustratos micorrízicos en las dos especies forestales en estudio.

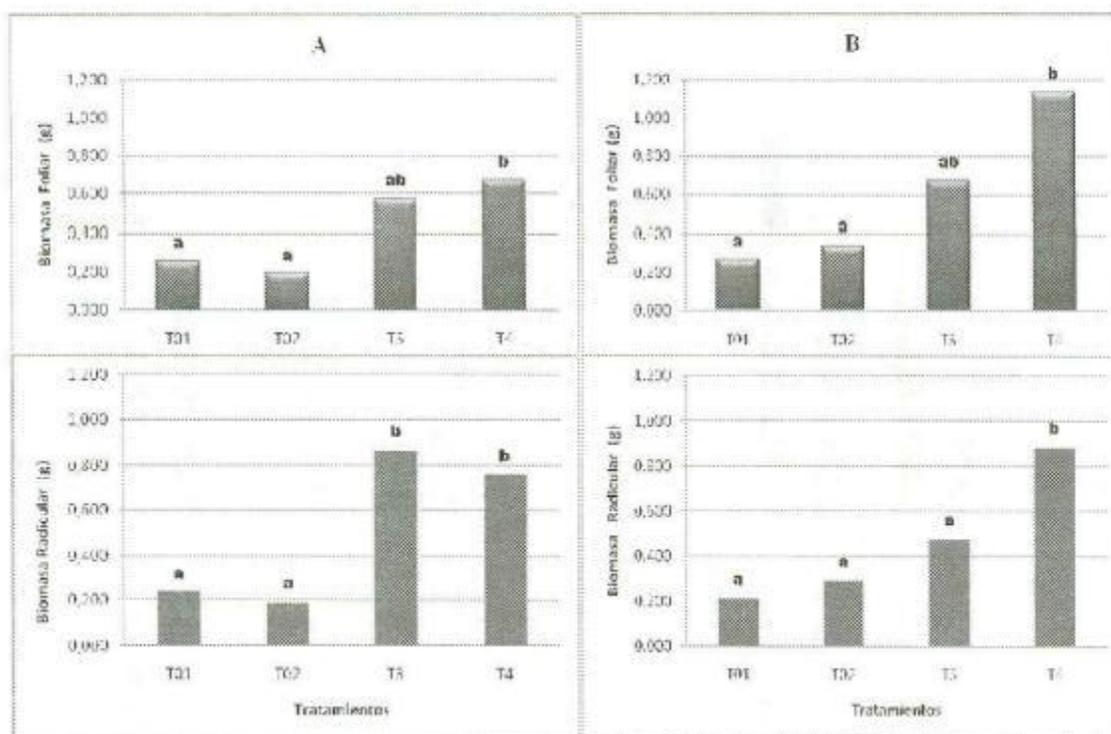


Figura 2. Biomasa foliar y radicular de *A. acuminata* (a) y *M. pubescens* (b) a los seis meses de crecimiento. Diferentes letras representan diferencia significativa a  $p < 0,05$  entre tratamientos.

Todos las plántulas de los diferentes tratamientos fueron colonizadas por hongos micorrízicos arbusculares con estructuras como arbusculos, vesículas e hifas inter e intraradical. En *A. acuminata* los tratamientos de tierra de rodales presentaron una colonización del 70% y en *M. pubescens*, 50% el inóculo de la UNL, presentó una colonización del 50% ambas especies (Fig.3). También se reporta que en el suelo estándar de

vivero sin esterilización se encontraron propágulos de hongos micorrízicos con un 10% de colonización, pero su incidencia es mínima en la colonización de raíces frente a las plantas inoculadas con sustratos micorrízicos. En el control 2 que corresponde al suelo de vivero esterilizado presentaron menos del 10% de colonización, lo que indica que no hubo una buena desinfección del sustrato de siembra.

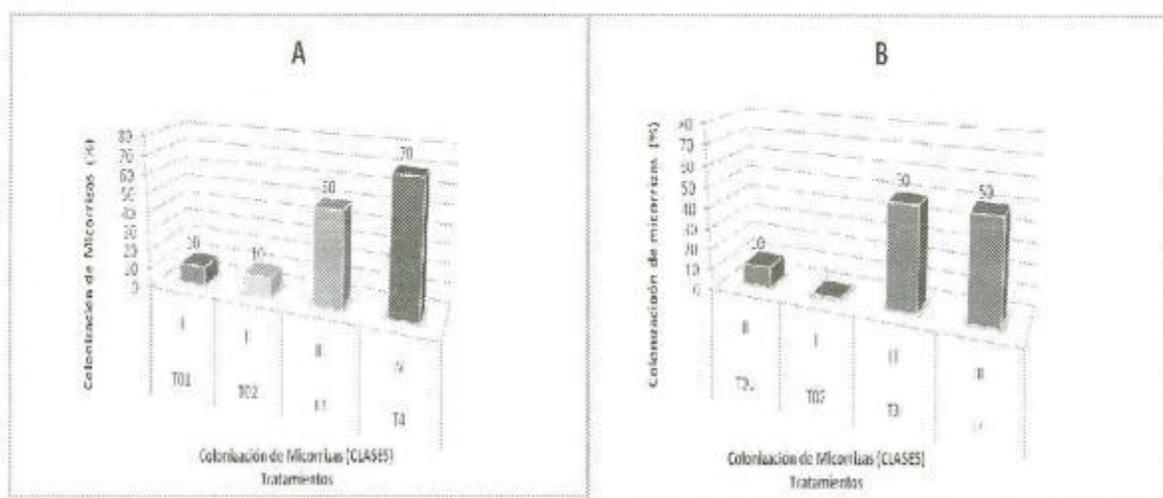


Figura 3. Colonización del grado de micorrizas (%) y clases de micorrizas basadas en seis escalas de valores de porcentaje como: clase 0 = 0%; clase I < 1%; clase II < 10%; clase III < 50%; clase IV > 70% y clase V > 90% de colonización de HMA en células corticales en plántulas de *A. acuminata* (a) y *M. pubescens* (b) a los seis meses de crecimiento. Diferencia significativa a  $p < 0.05$  entre tratamientos.

## DISCUSIÓN

### Evaluación del crecimiento de plántulas

En las dos últimas décadas, la rehabilitación del equilibrio ecológico de las tierras degradadas a través de la reforestación con especies nativas se ha convertido en una cuestión importante (Borja y Lasso 1990 y Aguirre et al. 2006), junto a la técnica de inoculación con estructuras micorrízicas (raíces, micelio y esporas) se pone de manifiesto una multitud de especies de HMA que han demostrado ser favorables para el crecimiento de las plantas (Lovelock y Ewel 2005). La mezcla de humus del bosque y tierra de rodales naturales se encuentra en el sustrato de vivero y puede ser la técnica más simple de inoculación de HMA (Allen et al. 2003). Inóculos comprenden esporas de HMA, hifas asociadas con raíces vivas, e hifas asociadas con raíces muertas dentro de un sustrato que sirve como vector de HMA (Janos 1992, Sieverding 1991).

Esta técnica fue utilizada en nuestro experimento en condiciones controladas y los resultados corroboran la práctica de la aplicación de inóculos o sustratos micorrízicos presentando un efecto notorio en el crecimiento de *A. acuminata* y *M. pubescens* frente a las plantas que no tuvieron propágulos de micorrizas.

El tratamiento que corresponde a tierra de rodales (T4) tuvo su efecto en el crecimiento en altura y diámetro del tallo en las dos especies, presentaron diferencia estadística a los tres y seis meses de crecimiento (Fig. 1), mientras que el inóculo producido en la UNL (T3) no presenta diferencia estadística a los 3 meses pero sí a los 6 meses en altura en las dos especies forestales, plántulas de los dos controles (T01 y T02) no presentaron significancia estadística en las variables de crecimiento, obteniéndose plantas pequeñas en comparación a plantas micorrizadas. El uso de inóculos de micorrizas es viable en viveros, jardines, plantaciones, en prácticas agrícolas y en tierras degradadas en restauración. (Johnson N et al 2006). Pero se considera que las diferentes especies y aislamientos de diferentes zonas geográficas de HMA difieren en el crecimiento de las plantas (Caravaca, F. et al 2004) y (Carpio. et al 2003). Así como la producción de inóculos locales podría minimizar el riesgo de extender patógenos no nativos que podrían accidentalmente contaminar y alterar ecosistemas funcionales (Schwartz 2006). Pero se requiere una higiene adecuada para evitar la proliferación de plagas y enfermedades en la producción de inóculos de HMA (Douds et al. 2000).

### Evaluación de biomasa foliar y radicular

La producción de biomasa foliar y radicular es diferente en cada especie, en *A. acuminata* la biomasa radicular es mayor que su biomasa foliar en las plantas que corresponden al tratamiento del inóculo de la UNL y en *M. pubescens* la producción de biomasa aérea es casi proporcional a la biomasa radicular. El beneficio de las micorrizas en las plantas hospederas es evidente debido a la mayor adquisición de agua y nutrientes minerales por el incremento del grado de fotosíntesis, y por la resistencia de raíces frente a patógenos que estimula el incremento en biomasa foliar y radicular (Liderman 1988) por la falta de inoculación de HMA las plántulas de los tratamientos no inoculadas presentan pesos bajos mientras que los pesos de las que contienen inóculo duplicaron la producción de biomasa, presentando una diferencia estadísticamente significativa en las plantas de los tratamientos con inóculos frente a las plantas no inoculadas.

### Evaluación del porcentaje de colonización micorrízica en especies forestales

En un ensayo en vivero local se determinó el tipo y grado de micorrizas en *A. acuminata* y *M. pubescens* en plantaciones naturales y en vivero. Determinando la presencia de hongos micorrízicos arbusculares y con una colonización de 85,5% y 80% respectivamente y en condiciones naturales (Urgilés 2003). Así también en un bioensayo en invernadero se inocularon plántulas de *A. acuminata* con fragmentos radicales de *Medicago sativa* L. Colonizados por *G. intraradices*. Se describió la colonización de HMA, estableciendo su funcionalidad de la simbiosis por la presencia de arbusculos en las células corticales de la raíz (Becerra 2002, Becerra 2007).

En *M. pubescens* se encontraron hifas y vesículas de micorrizas arbusculares de HMA dentro de las hojas en descomposición así como también colonizando sus raíces. (Aristizabal 2003). Basados en estas referencias literarias se inocularon las especies de *A. acuminata* y *M. pubescens* con sustratos micorrízicos regionales.

En nuestro ensayo existió un efecto significativo en la colonización de micorrizas obtenidas con cada uno de los tratamientos, uno de los inoculantes efectivos fue el tratamiento de tierra de rodales, las plantas

inoculadas con este sustrato alcanzaron entre el 70 y 50 % de colonización para *A. acuminata* y *M. pubescens* respectivamente (ver Figura 3), con el inóculo UNL fue del 50 % para las dos especies, su colonización es representativa debido a la alta diversidad de HMA entre ellos *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora* descritos en el inóculo producido en nuestro vivero forestal, resultando como un buen indicativo para su utilización y los resultados corroboran del por qué de la colonización alta para ambas especies forestales. La colonización en las plantas no inoculadas es poco notoria, existiendo una micorrización de menos del 10 % de colonización en las plantas de los dos controles.

En las plantas del tratamiento que pertenecieron al sustrato de vivero esterilizado también se encontró colonización de HMA, lo cual nos despeja especulaciones sobre el tiempo de desinfección, demostrado que el tiempo no fue suficiente como para eliminar toda clase de microorganismos existentes en el sustrato estándar utilizado en vivero, siendo un indicativo de que la desinfección del sustrato necesita un tiempo más prolongado o realizarse por dos veces o más, esto con la finalidad de medir la capacidad de los inoculantes sobre el crecimiento de las plantas.

En otro ensayo también se ha demostrado que los inóculos provenientes de suelo de bosque y suelo de rodales de *A. acuminata* entre otras especies forestales incrementan notablemente el crecimiento en alturas, diámetro del tallo, producción de biomasa y colonización, obteniendo plántulas de calidad, y capaces de superar sin inconvenientes el shock de plantación (Urgilés 2003). La importancia de estas especies nativas radica en su potencialidad para la reforestación y restauración de ambientes degradados en la Región Sur y del país en general (Aguirre 2007). Las plantas de *A. acuminata* y *M. pubescens* son utilizadas en programas de reforestación en el Ecuador (Weber et al. 2008), pero sin inoculación con hongos micorrízicos el desarrollo solo es adecuado en virtud de determinadas condiciones del sitio (Aguirre 2007).

Para obtener plántulas de calidad se consideran algunos aspectos técnicos como: métodos pre-germinativos, sustrato de germinación, fertilización, control de plagas y enfermedades, riego, sustrato de germinación y trasplante, fuentes semilleras, recolección y

madurez de la semilla y los inoculantes micorrízicos (Aguirre 2007).

## CONCLUSIONES

La inoculación de micorrizas provenientes de suelo de rodales de especies forestales, utilizados en la propagación de plántulas ayudan al crecimiento de las mismas en sus primeras fases de crecimiento y establecen la relación simbiótica entre planta-hongo, asegurando su sobrevivencia en vivero y posteriormente en plantaciones con fines de forestación, reforestación o en restauración de ecosistemas.

La utilización de suelos de rodales o tierra de bosque utilizados en la propagación de cualquier tipo de plantas no debe sobrepasar más del 10 % del volumen total del recipiente donde la plántula crecerá con la finalidad de no sobre explotar el recurso suelo de habitats naturales.

Los inóculos nativos que se consiguen en viveros locales, deberían ser replicados en cultivos trampa, y realizarse estudios genéticos y morfológicos de HMA, con la finalidad que los inoculantes micorrízicos tengan mayor credibilidad en especies agrícolas o forestales y su aplicación debe hacerse no solo en vivero sino también en ensayos de campo.

## AGRADECIMIENTO

A la Fundación Alemana para la Investigación (FOR 402 and FOR 816) por el financiamiento en el proyecto de Micorrizas Arbusculares para la Reforestación. Y el sincero agradecimiento al Ing. Paúl Loján, Ing. Jéssica Duchicela, Ph.D., Alejandra Becerra y Blgo Ximena Palomeque, por sus constructivas sugerencias y comentarios.

## LITERATURA CITADA

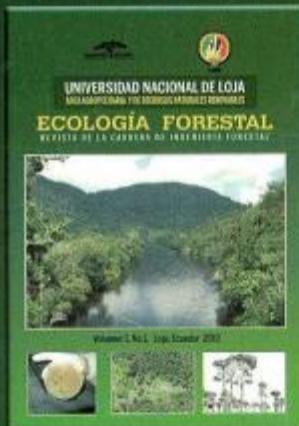
AGUIRRE N. 2007. Silvicultural contributions to the reforestation with native species in the tropical mountain rainforest region of South Ecuador. Ph.D. Thesis, Faculty of forest Sciences, Technical University of Munich, Germany. 146 pp.

- AGUIRRE N., S. GÜNTER Y B. STIMM 2007. Mejora-  
miento de la propagación de especies forestales  
nativas del bosque montano en el Sur del Ecu-  
ador. *Revista Universitaria*. Loja, Ecuador.
- AGUIRRE N., S. GÜNTER., M. WEBER, B. STIMM  
2006. Enriquecimiento de plantaciones de *Pinus*  
*patula* con especies nativas en el Sur del Ecu-  
ador. *Lyona* 10(1), 17-29.
- ALLEN B., M. ALLEN, E. WARBURTON, L. CORK-  
IDI Y P. GÓMEZ 2003. Impacts of early-and  
late-seral mycorrhizae during restoration in  
seasonal tropical forest, Mexico. *Ecol Appl*  
13:1701-1717. Doi: 10.1890/02-5309
- ARISTIZABAL C., E. RIVERA Y D. JANOS  
RECEIVED 2003. Arbuscular mycorrhizal  
fungi colonize decomposing leaves of *Myrica*  
*parvifolia*, *M. pubescens* and *Paepalanthus* sp.  
Departamento de Biología, Pontificia Univer-  
sidad Javeriana, Bogotá. Colombia. Carrera 7a,  
221- 228.
- BECERRA A. Y M. CABELLO 2007. Micorrizas  
arbusculares en plantines de *A. acuminata*  
(Betulaceae) inoculados con *Glomus intrarad-  
ices* (Glomaceae) *Bol. Soc. Argent. Bot* 42 (3-4)  
155 - 158.
- BECERRA A. 2002. Influencia de los Suelos Ustorth-  
entes sobre las ectomicorrizas y endomicorrizas  
de *Alnus acuminata* H.B.K. Tesis de Maestría,  
UBA, Argentina.
- BORJA C. Y S. LASSO 1990. Plantas nativas para la  
Reforestación en el Ecuador. Fundación Natura,  
AID-EDUNAT III. Quito, Ecuador.
- CARAVACA F., M. ALGUACIL, R. AZCON, G. DÍAZ  
Y A. ROLDÁN 2004. Comparing the effective-  
ness of mycorrhizal inoculation with sugar  
beet, rock phosphate and *Aspergillus niger* to  
enhance field performance of the leguminous  
shrub *Dorcynium pentaphyllum* L. *Appl. Soil*  
*Ecol.* 25:169-180.
- CARPIO L., J. DAVIES Y M. ARNOLD 2003. Effect  
of commercial arbuscular mycorrhizal fungi  
on growth, survivability, and subsequent land-  
scape performance of selected container grown  
nursery crops. *J. Environ. Hort.* 21:190-195.
- DOUDS D., J. GADKAR. Y A. ADHOLEYA 2000.  
Mass production of VAM fungus biofertilizer.  
In: *Mycorrhizal Biology* (eds Mukerij K. et al)  
Kluwer Academic Plenum Publishers, New  
York. pp 197- 214.
- DUCHICELA E. Y M. GONZÁLEZ CHÁVEZ 2004.  
La Micorriza Arbuscular y la Agricultura Sus-  
tentable. Monografía CEINCI - 02 - 03. Centro  
de Investigaciones Científicas - ESPE, Micro-  
biología de Suelos Colegio de Posgraduados.  
Quito - Ecuador. 80 pp.
- GRACE C. Y D. STRIBEY 1991. A safer procedure  
for routine of vesicular-arbuscular mycorrhizal  
fungi. *Mycological Research* 95: 1160-1162.
- GERDEMANN J. Y T. NICHOLSON 1963. Spores of  
mycorrhizal endogone species extracted from  
soil by wet-sieving and decanting. *Trans. Brit.*  
*Myc. Soc.* 46: 235-244.
- HERNÁNDEZ M. 2000. Las Micorrizas arbusculares  
y las bacterias rizosféricas como complemento  
de la nutrición mineral del tomate (*Lycopersi-  
con sculentum* Mill.) Tesis de maestría, INCA.  
Tipos de micorriza 12 pp. Disponible en: [http://  
www.monografias.com/trabajos-pdf2/tipos-  
micorrizas/tipos-micorrizas.pdf](http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/tipos-micorrizas/tipos-micorrizas.pdf) (Consultado  
Febrero 27, 2010).
- JANOS D. 1992. Heterogeneity and scale in tropical  
vesicular-arbuscular mycorrhizas formation. In  
D. J. Read , D. H.Lewis, A. Filter, and I. J. Alex-  
ander (Eds). *Mycorrhizas in ecosystems*, pp. 276  
-282. CAB International, Oxon, England.
- JOHNSON N., D. JASON, J. HOEKSEMA, J. BEVER,  
Y B. CHAUDHARYL 2006. From Lilliput to  
Brobdingnag: Extending Models of Mycor-  
rhizal Function across Scales. *Bio Science* 56  
(11): 889-900.
- LIDERMAN R. 1998. VA (vesicular-arbuscular) myc-  
orrhiza symbiosis. ISI. *Atlas Sci. Anim. Plant*  
*Scien.* 1:183-188.
- LOVELOOK C. Y J. EWEL 2005. Links between tree  
species, symbiotic fungal diversity and ecosys-  
tem functioning in simplified tropical ecosys-  
tems. *New Phytol* 167:219-228
- MONCAYO I. 2007. Micorrizas: Solución para la  
reforestación y recuperación de suelos con-  
taminados. 5 pp. (En línea) URL: <http://www>.

- biotri-ton.cl/TRI-TON%20medioambiente (Consultado marzo 10, 2010)
- READ D. 1991. Mycorrhizas in ecosystems. 47: 376-91.
- SMITH S. Y D. READ 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. Elsevier Science. San Diego. California. USA. 589 pp
- SIEVERDING E. 1991. Vesicular – Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agroecosystems. Technical Cooperation Federal Republic of Germany. GTZ. Eschborn. 371 pp.
- SIMON L., R. BOUQUET. C. LEVESQUE Y M. LALONDE 1993. Origin and Diversification of Endomycorrhizal Fungi and Coincidence with Vascular Land Plants. *Nature*.
- SCHUESSLER A., D. SCHAWARZOTT Y C. WALKER 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105: 1413 – 1421.
- SCHWARTZ M., J. HOEKSEMA, C. GEHRING, N. JOHNSON Y J. KLIRONOMOS 2006. The promise and the potential consequences of the global transport of mycorrhizal fungal inoculum. *Ecol Lett* 9:501–515
- TROUVELOT A., J. KOUGH Y V. GININAZZI 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un systeme racinaire. Recherche de methodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle
- URGILÉS N., P. LOJÁN, N. AGUIRRE, H. BLASCHKE, S. GUNTER, B. STIMM Y I. KOTTKE 2009. Application of mycorrhizal roots improves growth of tropical tree seedlings in the nursery: a step towards reforestation with native species in the Andes of Ecuador. *New Forest* 38 (3): 229-239.
- URGILÉS N. 2003. Evaluación del potencial de mycorrhizas en la propagación de tres especies nativas forestales. Tesis Ing. Agrónomo, Carrera de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 116 pp.
- WEBER M, GÜNTHER S., AGUIRRE N., STIMM B., MOSANDL 2008. Reforestation of abandoned pastures: silvicultural means to accelerate forest recovery and biodiversity. In: Beck E, Bendix J, Kottke I, Makeschin F, Mosandl R (eds) *Gradients in a Tropical Mountain ecosystem of Ecuador*. Ecological Studies 198. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. pp 447.

# ECOLOGÍA FORESTAL

REVISTA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



## Revista de la Carrera de Ingeniería Forestal

### CONTENIDO

#### INVESTIGACIÓN

- ⊗ Diversidad florística del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus para el Monitoreo del Cambio Climático.
- ⊗ Estudio comparativo de métodos para la estimación de índice de área foliar en áreas de pastizales abandonados.
- ⊗ Diversidad de anfibios y reptiles de un bosque seco en el sur occidente del Ecuador.
- ⊗ Evaluación del efecto de la inoculación con hongos micorrízicos en la propagación de *Alnus acuminata* y *Morella pubescens*.
- ⊗ Diversidad florística y estructura del bosque nublado en el sur occidente del Parque Nacional Podocarpus.
- ⊗ Flora y endemismo del bosque húmedo tropical de la Quinta El Padmi, Zamora Chinchipe.
- ⊗ Crecimiento inicial de *Tabebuia chrysantha* y *Cedrela montana* con fines de rehabilitación de áreas abandonadas.
- ⊗ Germinación de *Ficus insípida*, especie protectora de vertientes de agua en el cantón Paltas.
- ⊗ Evaluación de la composición florística de la regeneración natural del bosque tropical de montaña en la ECSE.
- ⊗ Anatomía macroscópica y características físicas de siete especies maderables.

#### REVISIONES

- ⊗ Trayectoria Académica de la Carrera de Ingeniería Forestal.
- ⊗ Calentamiento Global y sus implicaciones en el Ecuador.
- ⊗ Las plantas vasculares como indicadores de la calidad y problemas de los ecosistemas.
- ⊗ Experiencias de propagación asexual en especies forestales en la provincia de Loja.



IMPRESO EN LA EDITORIAL UNIVERSITARIA  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
TELEFAX: 072573914  
EMAIL: [diredit@unl.edu.ec](mailto:diredit@unl.edu.ec)

Universidad Nacional de Loja  
RESOLUCIÓN: 003-CONEA-2010-111-DC

