

## Enrichment of *Pinus patula* plantations with native species in southern Ecuador

Enriquecimiento de plantaciones de *Pinus patula* con especies nativas en el sur del Ecuador

Aguirre Nikolay<sup>1</sup>, Günter Sven<sup>2</sup> Weber Michael<sup>2</sup> y Stimm Bernd<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Munich, Alemania

Autor para correspondencia: nikoaguirrem@yahoo.com

March 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.400.1>

# Enrichment of *Pinus patula* plantations with native species in southern Ecuador

## Resumen

Se instaló un ensayo para evaluar el efecto facilitador de elementos arbóreos sobre la sobrevivencia, estado fisiológico y crecimiento de especies forestales nativas. El estudio se lo implementó en la plantación de *Pinus patula* cerca de la Estación Científica San Francisco; se seleccionaron dos tipos de cobertura: claros naturales y ambientes bajo dosel de la plantación. Para cada tipo de cobertura se seleccionaron 4 parcelas; en total se plantaron 648 individuos de 9 especies diferentes. Las especies nativas fueron: *Cedrela montana*, *Heliocarpus americanus*, *Tabebuia chrysantha*, *Cinchona officinalis*, *Piptocoma discolor*, *Alnus acuminata*, *Cupania* sp.; *Myrica pubescens*, *Iserbia laevis*; A los 12 meses, se han registrado sobrevivencias superiores al 90% para todas las especies nativas a excepción de *C. officinalis* que alcanzó el 60%. El crecimiento en altura de las plántulas demuestra un evidente efecto positivo de la plantación, sobre todo en los claros naturales, pues a excepción de *Cupania*, y *H. americanus* todas las restantes especies nativas crecen mejor en ambientes con mayor cantidad de luz; destacándose *A. acuminata*. Concluyendo que el manejo silvicultural de plantaciones y la transformación de estos ecosistemas en ambientes más funcionales y de mayor diversidad puede ser factible y además se puede obtener en menor tiempo debido al mejor crecimiento de las especies nativas. Palabras claves: restauración, rehabilitación, bosque tropical, silvicultura de transformación.

## Abstract

We installed an experiment to test by arboreal elements provide on the survival, physiologic state and growth of native forest species. The study was implemented in the plantation of *Pinus patula* near the Scientific Station San Francisco; two covering types were selected: clear natural and low canopy ambient of plantation. For each type covering 4 plots were selected; in total 648 individuals from 9 different species were planted. The native species were: *Cedrela montana*, *Heliocarpus americanus*, *Tabebuia chrysantha*, *Cinchona officinalis*, *Piptocoma discolor*, *Alnus acuminata*, *Cupania* sp.; *Myrica pubescens*, *Iserbia laevis*. At 12 months, there are registered survivals over 90% for all native species except *C. officinalis* that reach 60%. The growth in height of the seedlings demonstrates an evident positive effect of the plantation, mainly in the natural clearings, but *Cupania*, and *H. americanus* all the remaining native species grow better in atmospheres with bigger quantity of light. Concluding that the handling silvicultural of plantations and the transformation of these ecosystems and diversity atmospheres more functional, moreover we can get the results in shorter time due to the best growth in the native species. Key words: restoration, rehabilitation, tropical forest, transformation forestry.

## Introducción

Actualmente cerca de un 35% del total del área del Ecuador (25,6 millones de hectáreas), corresponden a bosques naturales. En 1962, el país todavía tenía cerca del 65% (15,6 millones de hectáreas) de bosques, pero dada la enorme presión por el cambio de uso de tierras, en la actualidad el área forestal remanente es menos del 50% de la cobertura original. De las 8,8 millones de hectáreas de bosques; solamente cerca del 33%, equivalente a 3,0 millones de hectáreas son clasificados como bosques naturales de producción. La conversión de tierras para uso agropecuario, principalmente para agricultura migratoria, ha generado importantes impactos ambientales y socio económicos a escala nacional, y la realidad los bosques naturales de producción son limitados y decrecientes, por esta razón es necesario el desarrollo a largo plazo programas de plantaciones forestales comerciales (Consejo Internacional de las Maderas Tropicales, 2004)

Además el sector forestal en el país se caracteriza por una alta tasa de deforestación, pues se pierden más de 137 mil hectáreas de bosque natural por año (FAO, 2003). Por otro lado actualmente, se estima que el país posee aproximadamente 160 mil hectáreas de plantaciones forestales, con un promedio de establecimiento de no más 5.000 ha/año. (CIMT, 2004); y la FAO (2003) estima que la tasa anual de reforestación no supera las 3500 hectáreas/año. También este sector se caracteriza por cerca del 90% de estas plantaciones se han utilizado especies

forestales exóticas de los géneros *Pinus* y *Eucalyptus*.

Pese a que en el pasado han existido varios programas y planes orientados a incrementar las plantaciones forestales y actualmente también se está diseñando un nuevo plan de reforestación; las plantaciones forestales aún son limitadas, y no se han cumplido con las metas y sobre todo no están cumpliendo el papel de compensación a la deforestación. (Palacios, 1998; Ordoñez 2004). La mayor parte de las plantaciones se encuentran en la sierra y se han utilizado especies introducidas de rápido crecimiento, principalmente el pino (*Pinus radiata* y *Pinus patula*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus saligna*). Fuera de la sierra también existen plantaciones de teca (*Tectona grandis*), balsa (*Ochroma pyramidale*), pachaco (*Schizolobium parahybum*), laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), entre otras en las provincias de Esmeraldas, Los Ríos y Guayas en la región de la costa. (Palacios, 1998; Tejada, 2003). El gobierno del Ecuador reconoce que en los últimos años el crecimiento de las plantaciones forestales han sido mínimas y, consecuentemente, no se ha logrado reemplazar el bosque nativo para el suministro de la madera que compense el aumento de la demanda (Ministerio del Ambiente, 2004).

Otra de las características del sector forestal es la escasa investigación y experimentación en reforestación con especies nativas (Borja y Lasso, 1990). Además en las plantaciones forestales existentes, no se han implementado acciones de manejo, por lo que se desconoce su potencialidad de aportar a la rehabilitación e incremento de la biodiversidad (Hofstede, et al. 1999). Existen algunos estudios que evidencian que las plantaciones forestales sean estas con especies nativas o exóticas pueden mejorar las condiciones del suelo, promover la regeneración natural, e incrementar la biodiversidad (Guariguata et al 1995; Lugo, 1997; Cusack & Montagnini 2002).

El presente estudio se lo planteó con la finalidad de a) evaluar la sobrevivencia y el crecimiento de especies forestales nativas dentro de diferentes microambientes en plantaciones de *Pinus patula*; y b) para aproximarnos a la premisa de evaluar la posibilidad de transformar sistemas monoespecíficos en ambientes más funcionales y con mayor diversidad florística y con especies comerciales.

## Métodos

### Área de estudio

El estudio se efectuó en el valle del Río San Francisco en el sector de San Ramón, cerca de la Estación Científica San Francisco, parroquia Sabanilla cantón y provincia de Zamora Chinchipe, Km. 30 de la vía Loja - Zamora, dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus. La zona se caracteriza por tener 11 meses húmedos al año, temperatura promedio de 15.5°C, precipitación promedio anual de 2000 mm con máximos en junio y julio y un periodo seco muy corto entre octubre y noviembre (Hilt y Fiedler, 2005). A una altitud promedio de 2000 m.

El ensayo se lo instaló en una plantación de *Pinus patula* de aproximadamente 20 años de edad. Las características se presentan en siguiente cuadro

Cuadro 1. Características de los ambientes de estudio

microambiente	Código	densidad original (ind/ha)	densidad actual (ind/ha)	Forma del terreno	Pendiente (%)
Bajo dosel plantación	B-1	1110	400	Regular	75
Bajo dosel plantación	B-2	1100	500	Regular	43
Bajo dosel plantación	B-3	1100	400	Cóncava	35
Bajo dosel plantación	B-4	1100	600	Regular	28
Claro plantación	C-1	1100	-	Cóncava	94
Claro plantación	C-2	1100	-	Irregular	4
Claro plantación	C-3	1100	-	Irregular	40
Claro plantación	C-4	1100	-	Irregular	45

Las especies se seleccionaron en base a los siguientes criterios: a) especies con madera valiosa en el mercado local, regional y nacional, b) especies de carácter pionero para facilitar el crecimiento rápido y la provisión de ambientes para el crecimiento de especies más lento, c) especies de árboles con algún inconveniente en su estado de conservación, d) especies con valor agregado para el ecosistema (leguminosas, frutos comestibles por animales), e) especies útiles en la protección del suelo, f) especies con más de un uso potencial (utilizadas para madera leña y otros), y g) especies de crecimiento rápido. A continuación se presentan las especies seleccionadas y utilizadas en el ensayo, así como su procedencia y los criterios de selección.

Cuadro 2. Especies nativas seleccionadas para el experimento

Especies	Familia	Código especie	Procedencia de las semillas	Criterio de selección
<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	Aa	San Pedro de Vilcabamba-Loja	b, d, f
<i>Cedrela montana</i>	Meliaceae	Cm	ECSF-Zamora	a, e
<i>Cinchona officinalis</i>	Rubiaceae	Co	San Pedro de Vilcabamba-Loja	c, e
<i>Cupania</i> sp.	Sapindaceae	Cu	San Pedro de Vilcabamba-Loja	e
<i>Heliocarpus americanus</i>	Tiliaceae	Ha	ECSF-Zamora	e, f
<i>Isertia laevis</i>	Rubiaceae	Il	ECSF-Zamora	f
<i>Myrica pubescens</i>	Myricaceae	Mp	San Pedro de Vilcabamba-Loja	b, d
<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	Pd	ECSF-Zamora	b, e, f
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Bignoniaceae	Tc	ECSF-Zamora	a

A= madera valiosa, b= pionero, c= conservación crítica, d= fijador de nitrógeno, e= uso múltiple, f= crecimiento rápido.

Las plántulas fueron producidas en el vivero forestal experimental de la Unidad de Investigación FOR 402 de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) en cooperación con la Carrera de Ingeniería Forestal, de la Universidad nacional de Loja, el mismo que está situado en la ciudad de Loja. Se usaron envases de polietileno de 560 cm<sup>3</sup>, con una mezcla de tierra negra de páramo, arena de mina y humus de bosque.

#### Diseño experimental

El diseño experimental fue con bloques al azar, donde los dos tipos de cobertura constituyeran el tratamiento principal y las nueve especies el secundario. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. Los dos tipos de cobertura seleccionados fueron dos presentes en la plantación: a) claros naturales y b) ambiente bajo el dosel de la plantación. En total se instalaron ocho parcelas, repartidas cuatro en cada tipo de cobertura. Un total de 648 plántulas fueron plantadas, repartidas en 72 plántulas por especie y por parcela; el espaciamiento utilizado entre plantas fue de un metro. Antes de la instalación se realizó una limpieza total de la vegetación no leñosa, continuando con esta práctica hasta los 12 meses después de la plantación, con una frecuencia de 4 meses.

La evaluación de la plantación consistió en la medición cualitativa y cuantitativa del desarrollo de cada uno de las plántulas establecidas en el campo. Se realizaron 3 evaluaciones durante los primeros 12 meses de realizada la plantación, la inicial y luego cada 6 meses.

Los parámetros utilizados para estas evaluaciones fueron de dos tipos. Los primeros relacionados a variables ambientales del sitio, entre ellos mencionamos: a) forma del terreno, b) pendiente del terreno; c) altitud, d) cobertura de vegetación. Las otras variables correspondían a cada plántula establecida en el campo, entre los parámetros evaluados se mencionan: a) altura, b) diámetro basal, c) número de hojas d) estado sanitario, e) presencia y cuantificación de daños (herbivoría, defoliación, plagas, etc.).

## Resultados

### Sobrevivencia de las especies nativas introducidas en la plantación

Se evidencia altos porcentajes de sobrevivencia en todas las especies nativas plantadas; pero estas tasas de sobrevivencia están muy relacionadas con el microambiente de plantación. En general, se puede distinguir la existencia de tres grupos de especies en función del microambiente de

plantación. El primer grupo conformado por especies sin preferencia de condiciones específicas, donde la cobertura de luz es indiferente: *Alnus acuminata* (Aa), *Cedrela montana* (Cm), *Tabebuia chrysantha* (Tc) y *Cupana* sp. (Cu). El segundo grupo, esta conformado por especies que para su sobrevivencia prefieren la protección de un dosel protector, en los cuales las plantaciones forestales maduras pueden cumplir el papel de facilitador para su desarrollo: *Heliocarpus americanus* (Ha), *Iseritia laevis* (Il) y *Myrica pubescens* (Mp). Finalmente se puede identificar un tercer grupo, formado por especies, las cuales sobreviven mejor cuando están expuestas a la luz, entonces prefieren los claros de las plantaciones: *Cinchona officinalis* (Co) y *Piptocoma discolor* (Pd). Los valores de sobrevivencia para cada especie se presentan en la figura 1.

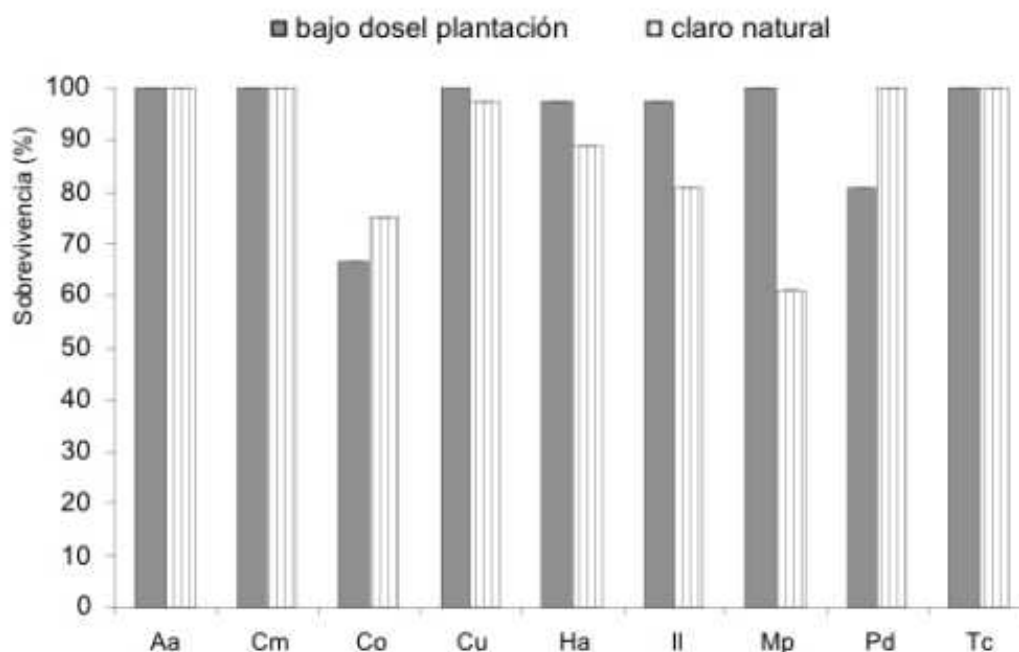
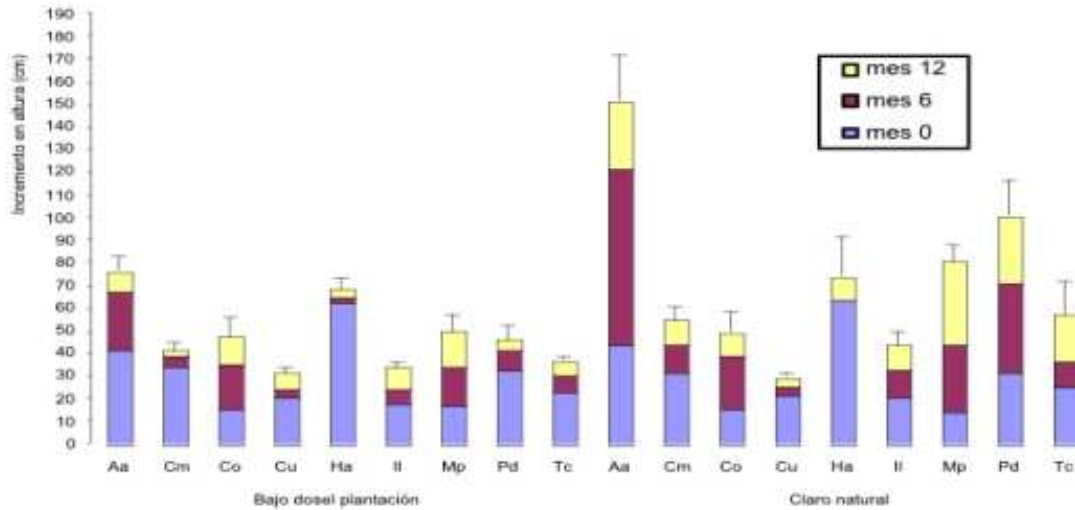


Figura 1. Sobrevivencia de nuevas especies nativas bajo dosel y en claros naturales, al cabo 12 meses de la plantación. Aa = *Alnus acuminata*, Cm = *Cedrela montana*, Co = *Cinchona officinalis*, Cu = *Cupania* sp., Ha = *Heliocarpus americanus*, Il = *Iseritia laevis*, Mp = *Myrica pubescens*, Pd = *Piptocoma discolor*, Tc = *Tabebuia chrysantha*

### Comportamiento del crecimiento en altura y diámetro del eje principal

El crecimiento en altura de las plántulas demuestra un evidente efecto del microambiente, pues a excepción de *Cupania* sp. , y *H. americanus* todas las restantes especies nativas crecen mejor en ambientes con mayor cantidad de luz. El caso de *A. acuminata* merece especial atención, pues el crecimiento en claros supera casi en un 100% al crecimiento registrado bajo el dosel de la plantación, además si se compara con el crecimiento de otras especies los supera hasta en cinco veces mas, como ocurre con *T. chrysantha*(Figura 2).



**Figura 2.** Crecimiento en altura de las nueve especies nativas, a los 12 meses de realizada la plantación. Aa = *Alnus acuminata*, Cm = *Cedrela montana*, Co = *Cinchona officinalis*, Cu = *Cupania* sp., Ha = *Heliocarpus americanus*, Il = *Iseritia laevis*, Mp = *Myrica pubescens*, Pd = *Piptocoma discolor*, Tc = *Tabebuia chrysantha*

El crecimiento en diámetro presenta similar tendencia de lo que paso con la altura, es decir se evidencia una fuerte influencia del efecto microambiente, y es, en los claros de la plantación donde alcanza los mejores crecimientos en diámetro; solo *C. montana* se aleja de esta tendencia, pues esta especie crece mejor bajo el dosel de la plantación. (Figura 3)

En general el crecimiento en diámetro del eje principal, presenta tres tendencias claramente definidas; la primera conformada por un grupo de especies (*A. acuminta*, *P. discolor* y *M. pubescens*), en las cuales el crecimiento diamétrico registrado en los claros de plantación es casi el doble que en los ambientes bajo el dosel de la plantación; el segundo escenario, evidencia mínimas diferencia en el crecimiento en este grupo están las especies *T. chrysantha*, *H. americanus*, *I. levis*, *C. officinalis* y *Cupania* sp; y finalmente se diferencia un tercer grupo, representado únicamente por *C. montana* en la cuál el crecimiento es mejor bajo doseles de la plantación. Es notable que el crecimiento en diámetro de *C. montana* y *T. Chrysantha* es mucho mejor que el crecimiento en altura, lo cual posiblemente indica una inversion en estabilidad.

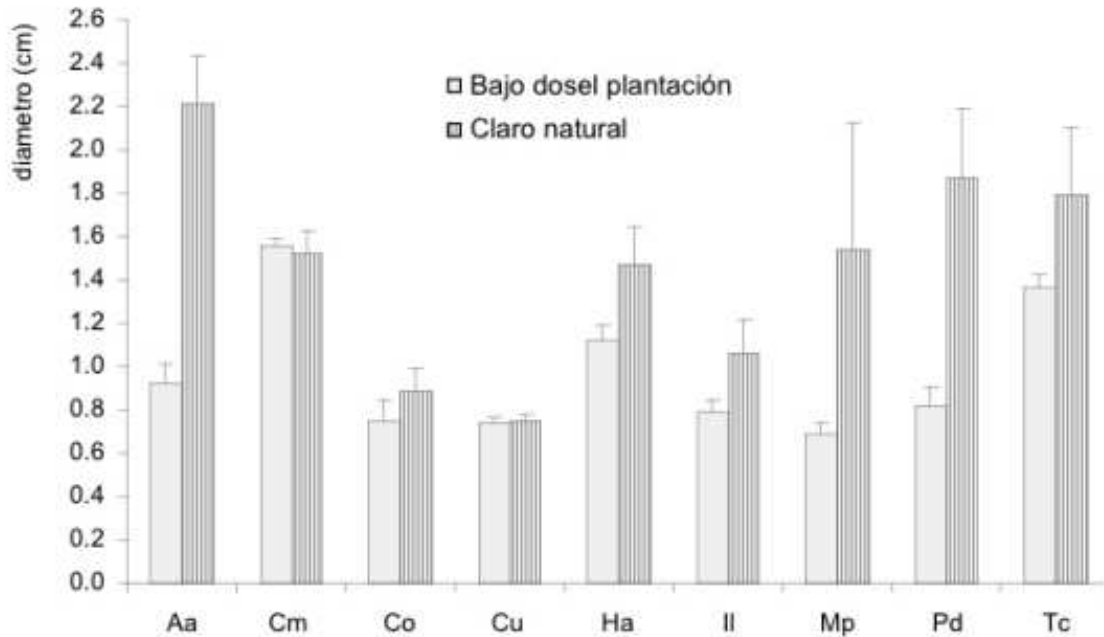


Figura 3. Crecimiento en diámetro de las nueve especies nativas, a los 12 meses de realizada la plantación. Aa = *Alnus acuminata*, Cm = *Cedrela montana*, Co = *Cinchona officinalis*, Cu = *Cupania* sp., Ha = *Heliocarpus americanus*, Il = *Isertia laevis*, Mp = *Myrica pubescens*, Pd = *Piptocoma discolor*, Tc = *Tabebuia chrysantha*.

Con relación a la cantidad de hojas producidas durante el año de implementada la plantación. En general, también se evidencia un fuerte efecto del microambiente, pues a excepción de *H. americanus*, *Cupania* y *C. montana*, las restantes especies presentan mayores cantidades de hojas en el microambiente claro de plantación. Sin embargo analizando el comportamiento de *C. montana*, se nota que microambiente le es indiferente y presenta similar número de hojas en los dos ambientes estudiados. El comportamiento de *A. acuminata*, merece especial atención, pues presenta una diferencia muy grande, pues las plántulas sembradas en claros de plantación han desarrolla hasta casi cinco veces mas cantidades de hojas que las plántulas sembradas bajo el dosel de plantación (figura 4)



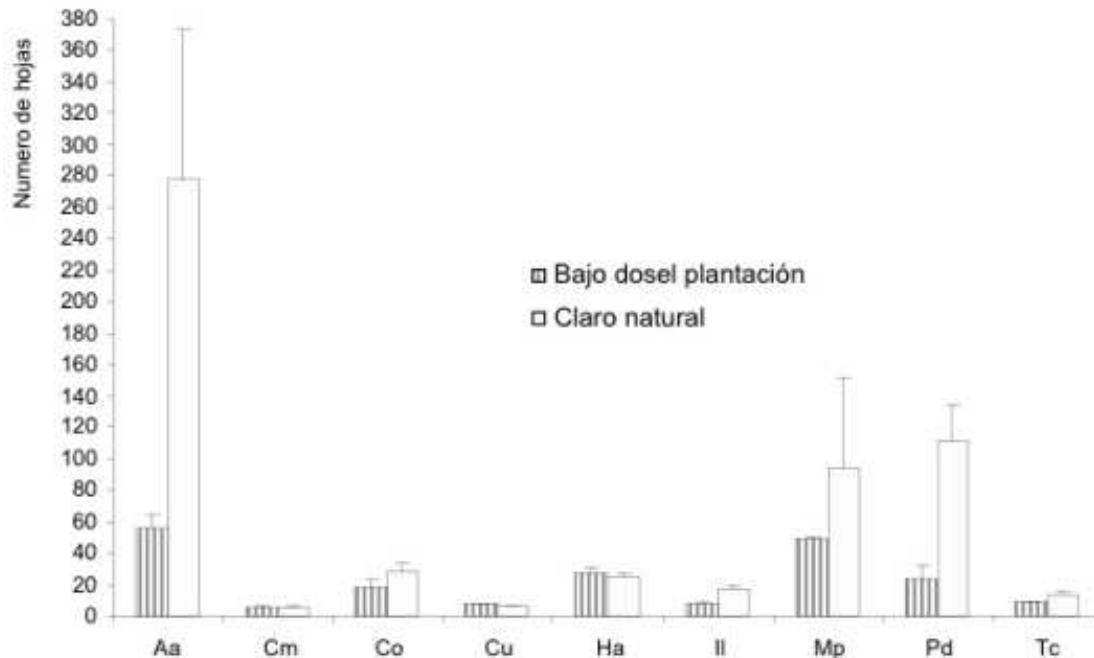


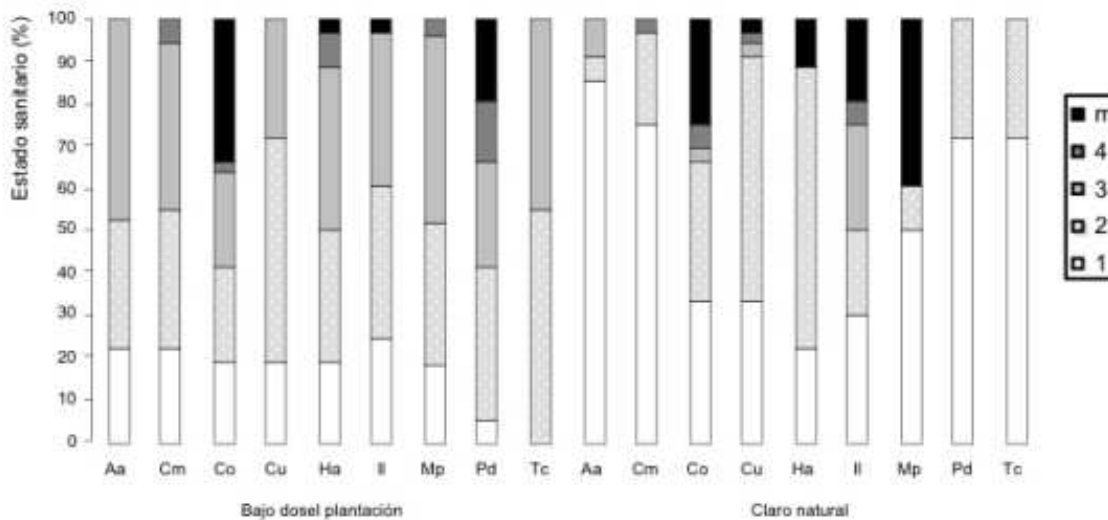
Figura 4. Relación del número de hojas de las nueve especies nativas, a los 12 meses de realizada la plantación. Aa = *Alnus acuminata*, Cm = *Cedrela montana*, Co = *Cinchona officinalis*, Cu = *Cupania* sp., Ha = *Heliocarpus americanus*, Il = *Isertia laevis*, Mp = *Myrica pubescens*, Pd = *Piptocoma discolor*, Tc = *Tabebuia chrysantha*.

### Calidad de las plántulas

En general, al evaluar la calidad de las plántulas se nota una fuerte relación con el ambiente donde están creciendo las mismas; así todas, sin excepción presentan mejores estados sanitarios en los claros de plantación.

Analizando las plántulas creciendo bajo dosel de plantación, se evidencia que su calidad se caracteriza porque sus plántulas están repartidas en mayor cantidad en las tres primeras categorías, pero con mayores porcentajes en la categorías b y c, lo que demuestra que estos individuos en general presentan un buen estado sanitario, pero presentan ciertos indicios de ataques de plagas (herbivoría), colores amarillentos de sus hojas y otras. También las calidades de las plántulas depende de la especie, así por ejemplo *T. chrysantha*, no presenta individuos en la mejor categoría (a), *P. discolor* en cambio presenta menos de un 10% de sus plántulas en la primera categoría. (figura 5)

En los claros, todas las especies contienen individuos dentro de la primera escala de calificación, en porcentajes superiores al 20%. Especies como *A. acuminata*, *C. montana*, *P. discolor*, y *T. chrysantha* contienen valores superiores al 70% de sus individuos dentro de la categoría superior (calidad a). También en este microambiente se evidencia otro grupo de especies que contienen su mayor cantidad de individuos dentro de la segunda categoría de calificación, estas son *H. americanus* *Cupania* sp. y *C. officinalis*



**Figura 5. Representación la calidad de las plantas de las nueve especies nativas, a los 12 meses de realizada la plantación. La calidad de planta es evaluada en cuatro categorías, 1) es una planta totalmente sana, 2) planta sana pero con presencia de pocos daños 3) planta con muchos daños y 4) planta de mala calidad, candidata a morir.**

**Categoría m): muerto. Aa = *Alnus acuminata*, Cm = *Cedrela montana*, Co = *Cinchona officinalis*, Cu = *Cupania* sp., Ha = *Heliocarpus americanus*, Il = *Iseritia laevis*, Mp = *Myrica pubescens*, Pd = *Piptocoma discolor*, Tc = *Tabebuia chrysantha***

### **Evolución del crecimiento de las especies nativas**

En la figura 2, se representa el comportamiento demostrado por cada una de las especies nativas introducidas en la plantación de *Pinus*, evaluadas después de un año de su plantación y monitoreo. En general, ha existido incremento en altura para todas las especies. Pero esta variación tiene diferencias fuertes entre las especies, así por ejemplo *A. acuminata*, es la especie que más incrementos ha experimentado, pues al año de su plantación ha incrementado tres veces mas su tamaño inicial; también *P. discolor* ha experimentado un crecimiento en mas de dos veces su tamaño original. Por otro lado existen otro grupo de especies que han experimentado un crecimiento normal, es decir han duplicado su tamaño original, en este grupo se encuentran *C. officinalis*, *C. montana*, *I. alevi*s, *T. chrysantha*. Pero también hay un tercer grupo de especies que su incremento ha sido mínimo, es decir han crecido menos del 50% del tamaño original. El caso de *H. americanus*, vale la pena mencionarlo, pues esta especie en los claros naturales demostró un incremento negativo en altura, esto fue debido a que su parte apical murió, y todas la plántulas espesaron a rebrotar, con lo cual a los 6 meses su altura estaba bajo la media original, sin embargo para el año se nota un incremento de la altura, superando el valor inicial.

### **Discusión**

#### **Sobrevivencia de las especies nativas introducidas en una plantación de *Pinus patula***

En general la sobrevivencia alcanzada para la mayoría de las especies utilizadas en este estudio fue alta, obteniéndose valores superiores al 60%, que difieren de las altas tasas de mortalidad alcanzadas para especies nativas plantadas bajo plantaciones de *Pinus* en Sri Lanka (Ashton et al., 1998), así como de la baja sobrevivencia de especies nativas realizadas en rodales puros en otros sitios del Ecuador (Aguirre et al. 2002). Feyera et al. (2002) confirman el efecto facilitador de especies exóticas para la regeneración de especies nativas para un ejemplo en Etiopía.

La sobrevivencia de las plántulas al cabo de un año de la plantación no muestra un patrón definido en base al tipo de microambiente donde fueron establecidas; sin embargo se puede evidenciar una tendencia de mejores porcentajes de sobrevivencia en los ambientes ubicados en los claros de la plantación. Además la sobrevivencia esta diferenciada en función de las especies; así por ejemplo *A. acuminata*, *C. montana* y *T. chrysantha*, alcanzan las tasas mas altas de sobrevivencia (100%) tanto bajo dosel y en los claros de plantación, evidenciando la no preferencia de microambientes de estas especies; otras especies como *Cupania* sp., *M. pubescens*, tienen 100% de sobrevivencia bajo la protección del dosel de la plantación. Existen otras especies que prefieren espacios con mayor cantidad de luz, estas son *P. discolor*, *C. officinalis*.

## **Evolución del crecimiento de las especies nativas**

El comportamiento demostrado por las especies nativas introducidas en la plantación de *Pinus*, en general, muestra la existencia de incrementos en altura y diámetro del eje principal para todas las especies.

Para las dos variables el efecto microambiente es determinante. Sin embargo existen fuertes diferencias en el crecimiento en altura en función de las especies, así por ejemplo *A. acuminata*, es la especie que más incrementos ha experimentado, pues al año de su plantación ha incrementado tres veces más su tamaño inicial; también *P. discolor* ha experimentado un crecimiento en más de dos veces su tamaño original; por otro lado existen otro grupo de especies que han experimentado un crecimiento normal, es decir han duplicado su tamaño original, en este grupo se encuentran *C. officinalis*, *C. montana*, *I. laevis*, *T. chrysantha*; también se puede evidenciar la existencia de un tercer grupo de especies, en las cuales su incremento ha sido mínimo, es decir han crecido menos del 50% del tamaño original; el caso de *H. americanus*, vale la pena mencionarlo, pues esta especie en los claros naturales demostró un incremento negativo en altura, esto fue debido a que su parte apical murió, y todas la plántulas espesaron a rebrotar, con lo cual a los 6 meses su altura estaba bajo la media original, sin embargo para el año se nota un incremento de la altura, superando el valor inicial.

El crecimiento en diámetro presenta los mejores crecimientos en los claros de la plantación solo *C. montana* se aleja de esta tendencia, pues esta especie crece mejor bajo el dosel de la plantación. Se diferencian tres tendencias del crecimiento diámetro; la primera conformada por un grupo de especies (*A. acuminata*, *P. discolor* y *M. pubescens*), en las cuales el crecimiento diamétrico registrado en los claros de plantación es casi el doble que en los ambientes bajo el dosel de la plantación; el segundo escenario, evidencia mínimas diferencia en el crecimiento en este grupo están las especies *T. chrysantha*, *H. americanus*, *I. laevis*, *C. officinalis* y *Cupania*; y finalmente se diferencia un tercer grupo, representado únicamente por *C. montana* en la cuál el crecimiento es mejor bajo doseles de la plantación.

## **Implicaciones para el desarrollo forestal del Ecuador**

En el Ecuador más del 90% de las plantaciones forestales se han establecido con especies exóticas y en plantaciones puras (CIMT, 2004). Además se ha insistido en la teoría que bajo las plantaciones forestales especialmente de *Pinus*, es muy difícil que se desarrollen especies nativas ya sea por regeneración natural o plantadas (Hofstede et al., 1998). Sin embargo existen estudios evidencian que las plantaciones forestales crean un microclima similar al de un bosque con el cual favorecen la regeneración y el crecimiento de especies nativas, y este incremento de biodiversidad se ve favorecido si se implementan acciones de podas y raleos (Pinilla & Suárez, 1998; PIAF, 1998; ). En los últimos años se ha incrementado los estudios tendientes a conocer el rol de las plantaciones forestales frente a la biodiversidad y la restauración de ambientes degradados; y las evidencias demuestran que éstas pueden cumplir un rol facilitador y acelerador para la introducción, el crecimiento de especies nativas y sobre todo para restaurar la funcionalidad del ecosistema (Guariguata et al., 1995; Fimbel & Fimbel, 1996; Cusack & Montagnini, 2004)

Sin embargo la mayoría de la regeneración natural bajo las plantaciones forestales se trata de vegetación pionera, secundaria y de poco valor comercial, que en términos de recuperación de la funcionalidad de ecosistemas no es el óptimo (Cozzo, 1994; Cavalier & Tobler, 1998; Cavalier & Santos, 1999). Pero estos ambientes resultan muy atractivos como espacio para el establecimiento y manejo de la vegetación para incrementar biodiversidad y funcionalidad (Guariguata et al., 1995; Fimbel & Fimbel, 1996). Entonces las plantaciones forestales de especies exóticas podrían convertirse en ambientes propicios para emprender programas de conversión, es decir usar estos ambientes donde se ha formado un microclima parecido o similar al existente en ecosistemas naturales, para a partir de ellos introducir especies forestales nativas importantes desde diferentes perspectivas (usando especies con usos comerciales locales, regionales y nacionales; y usando especies importantes para la rehabilitación del funcionamiento del ecosistema, como por ejemplo especies fijadoras de nitrógeno, especies con propiedades de producción de abundante biomasa para la mejora de la estructura del suelo). Sin embargo, frente a esta potencialidad todavía falta desarrollar modelos forestales integrales que impliquen el desarrollo de experiencias considerando la heterogeneidad y variabilidad de condiciones ambientales; usando diferentes especies forestales, y sobre todo manipulando las características de las plantaciones forestales, en lo que tienen que ver con la cobertura del dosel, la densidad de plantación y la apertura de claros. Finalmente debería incluirse en las estrategias nacionales como por ejemplo en el actual Plan Nacional de Forestación y Reforestación estas nuevas visiones y tendencias, para así crear los mecanismos apropiados para

garantizar el buen éxito de la promoción de plantaciones a un ritmo que pueda garantizar la sostenibilidad de la actividad forestal, y de esta manera contribuir en la reducción de la degradación ambiental.

## Conclusiones

Las conclusiones preliminares a las que se ha podido llegar luego de la culminación del presente trabajo investigativo son las siguientes:

Las nueve especies nativas introducidas bajo plantaciones de *Pinus*, alcanzaron altas tasas de sobrevivencia, y la cobertura resulta fundamental para incrementar dicha tasa de sobrevivencia; sin embargo también se evidencia la diferenciación entre las especies, algunas alcanzan sobrevivencias del 100%, otras están sobre el 60%. El crecimiento en diámetro y altura de las especies nativas, experimentan incrementos superiores a las medias normales en el país, además evidencian un patrón definido en función de la apertura de claros dentro de la plantación.

En base a las altas tasas de sobrevivencia e indicios de buenos crecimientos en diámetro y altura de las especies nativas bajo plantaciones de *Pinus patula*, indica que el enriquecimiento de plantaciones monoespecíficas es un método factible que da perspectivas para la restauración de biodiversidad y mejorar las funciones ecológicas, sin embargo faltaría desarrollar mejores modelos de manejo para utilizar todo el potencial que estos ambientes pueden facilitar. La cobertura del dosel es un factor determinante para el desarrollo de las plantas nativas. Eso tiene como consecuencia que con medidas silviculturales se puede transformar plantaciones de pino en ecosistemas más naturales y diversos.

## Agradecimientos

Los autores dejan constancia de un agradecimiento especial, a la Fundación Alemana para la Investigación (DFG) por el soporte financiero para la ejecución de este trabajo investigativo, a la Fundación Naturaleza y Cultura Internacional (NCI) por el soporte logístico, y un agradecimiento muy especial para el equipo de investigadores ecuatorianos y alemanes por el apoyo en el trabajo de campo, comentarios y sugerencias.

## Referencias

- Aguirre, M., L. Ordoñez & R. Hofstede 2002. Comportamiento inicial de 18 especies forestales plantadas en el páramo. *Reporte Forestal No 7*. PROFAFOR-MAE-ECOPAR. Quito, Ec.
- Ashton, P.M.S.; S. Gamage; I. Gunatilleke & C. Gunatilleke. 1998. Using Caribbean pine to establish a mixed plantation: testing effects of pine canopy removal on plantings of rain forest tree species. *Forest Ecology and Management* 106: 211-222
- Borja, C. & S. Lasso 1990. *Plantas nativas para la reforestación en el Ecuador*. Fundación Natura - AID - EDUNAT III. Quito, Ecuador.
- Cavalier, J. & A. Tobler 1998. The effect of abandoned plantations of *Pinus patula* and *Cupressus lusitanica* on soils and regeneration of a tropical montane rain forest in Colombia. *Biodiversity and Conservation* 7: 335-347.
- Cavalier, J. & C. Santos 1999. *Efectos de plantaciones forestales abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia*.
- Consejo Internacional de las Maderas Tropicales. 2004. *Consecución del Objetivo 2000 y la Ordenación Forestal Sostenible en el Ecuador*. Interlaken, Suiza
- Cozzo, D. 1994. Los intercambios e interacciones de especies arbóreas exóticas y nativas en la complementación y diversificación de sus respectivos sistemas forestales. *Quebracho* 2: 39-46.
- Cusack, D. & F. Montagnini. 2004. The role of native plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 188: 1-15
- Fimbel, R. & C. Fimbel. 1996. The role of exotic conifer plantation in rehabilitating degraded tropical forest land: a case study the kibale forest in Uganda. *Forest Ecology and Management* 81: 215-226
- FAO. 2003. *State of the world's forests 2003*. Rome, Italy.
- Feyera, S.; E. Beck & U. Lüttge. 2002. Exotic trees as nurse-trees for the regeneration of natural tropical forests. *Trees* 16, 245-249.
- Guariguata, M., R. Reheingans & F. Montagnini. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forests restoration. *Restoration Ecology* 3: 252-260.

- Hilt, N. & K. Fiedler. 2005. Diversity and composition of Arctiidae moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. *Diversity and Distributions* 11: 387-298.
- Hofstede, R., J. Lips, W. Jongsma, W. & J. Sevink. 1998. *Geografía, ecología y forestación de la sierra ecuatoriana*. Proyecto EcoPar. Quito, Ecuador.
- Lugo, A. 1997. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands wint tree monocultures. *Forestry Ecology Management* 99: 9-19.
- Ministerio del Ambiente. 2004. *Seminario Taller Estructuración del Plan Nacional de Forestación y Reforestación*, Quito, Ecuador.
- Ordonez, L. 2004. *Experiencias en manejo de semillas forestales en el Ecuador*. EcoPar, EcoCiencia, Fosefor. Quito, Ecuador
- Palacios W. 1998. *Vision general de la situación forestal del Ecuador*. Curso de Silvicultura y Manejo de bosques naturales. CATIE. Costa Rica.
- Pinilla, A. & A. Suárez 1998. *Efectos de plantaciones forestales sobre fauna y flora*. CONIF, Santafe de Bogota, Colombia.
- Programa de Investigaciones de Impactos de Plantaciones Forestales (PIAF). 1998. *Evaluación del impacto ambiental de las plantaciones industriales. Componente Flora y fauna* (Informe final, Fase II), Santafe de Bogota, Colombia.
- Tejada, M. 2003. *El sector forestal en Ecuador. Informe preparado para la ITTO*. Quito, Ecuador