

Enriquecimiento de plantaciones forestales como herramienta para la rehabilitación de ambientes degradados en la region sur Ecuatoriana

Nikolay Aguirre Mendoza^{1*} & Michael Weber²

¹ Universidad Nacional de Loja, La Argelia-Loja, Ecuador. nikoaguirrem@yahoo.com

² Instituto de Silvicultura, Universidad Técnica de Munich, Alemania. m.weber@forst.tu-muenchen.de

* Autor de correspondencia

Resumen

Se estudio el potencial de las especies nativas a adaptarse a las condiciones de las plantaciones de *Pinus patula*. El estudio se implemento en una plantación de pino cerca de la Estación Científica San Francisco. Se seleccionaron dos micro-ambientes: claros y bajo dosel de plantación. Para cada tipo de ambiente se instalaron cuatro parcelas; en total se plantaron 648 individuos de nueve especies nativas. A los 24 meses, se evidenció un significativo efecto del micro-sitio, así la sobrevivencia de especies pioneras fue mejor bajo el dosel de plantación con excepción de *Alnus acuminata* y *Piptocoma discolor*; mientras que *Cedrela montana* y *Cinchona officinalis* (especies tolerantes) presentaron mejores sobrevivencias en claros. En cambio el crecimiento en altura y diámetro de las nueve especies demostraron mejor crecimiento en claros. Con estos resultados se puede concluir que el enriquecimiento puede ser una estrategia para emprender procesos de conversión de plantaciones de pinos en ecosistemas más naturales y con mayor funcionalidad.

Palabras claves: restauración, bosque tropical de montaña, silvicultura de transformación.

Summary

We studied the potential of the native species to adapt to the conditions of the *Pinus patula* plantations. The study was implemented in a pine plantation near to the Estación Científica San Francisco. Two micro-site conditions were selected: gaps and closed canopy of the plantation. For each micro-site four plots were installed; in total 648 individuals of 9 different species were planted. Twenty four months after a significant effect of the micro-site could be identified, thus the survival of pioneer species was better that under canopy except for *Alnus acuminata* and *Piptocoma discolor*: while *Cedrela montana* and *Cinchona officinalis* (shade tolerant species) showed better survival in gaps. However the growth in height and diameter of all planted species showed better growth in gaps. With these results we can conclude that the enrichment can be a strategy to undertake processes of conversion of pine plantations in more natural ecosystems and with more functionality.

Key words: restoration, tropical rain forest, silviculture of transformation.

Introducción

Ecuador es considerado como uno de los “hots spots” de biodiversidad en el mundo (Brummitt & Lughadha 2003), sin embargo también tiene la tasa de deforestación mas alta de América del Sur (FAO 2006). Entre las principales razones para la deforestación en el Ecuador esta la explotación de los bosques y su conversión en sistemas agropecuarios especialmente pasturas para la producción ganadera (Wunder 2000). En el valle del Río San Francisco (área de estudio y como en muchas áreas del trópico) la dinámica del uso del suelo empieza con la explotación de los bosques naturales; seguida por la transformación de éstos en pasturas para la producción ganadera; posteriormente para mejorar la productividad de las pasturas se introducen pastos exóticos especialmente *Setaria sphacelata* y *Melinis minutiflora*; luego como resultado de regulares quemas, estas áreas son invadidas por el helecho *Pteridium arachnoideum*. Después de algunos años estas áreas pierden su productividad, entonces los campesinos abandonan las tierras y buscan nuevas áreas boscosas y empieza nuevamente el ciclo antes descrito (Paulsch et al. 2001, Hartig & Beck 2003, Aguirre 2007)

Debido a las condiciones ambientales de los sitios abandonados, la sucesión natural es muy lenta y puede tomar varios años hasta lograr establecer una cubierta forestal (Günter et al. 2007). Bajo estas condiciones la reforestación es considerada como una de las alternativas más promisorias para reconvertir estos ambientes degradados en áreas productivas. Sin embargo en el Ecuador y en la región sur las plantaciones forestales han sido establecidas casi exclusivamente con especies exóticas *Pinus* y *Eucalyptus*. 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. Existen algunos estudios que evidencian que las plantaciones forestales sean éstas 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; Cavalier & Tobler 1998; Cusack & Montagnini 2002). Por ello en el presente estudio se planteó con la finalidad de responder a las siguientes preguntas: ¿Pueden las especies nativas adaptarse bajo las condiciones de las plantaciones de *Pinus patula*; y ¿Existe diferencia en el comportamiento de las especies nativas plantadas bajo el dosel y claros de plantaciones de pino?

Metodología

Para investigar el potencial de las especies nativas para el enriquecimiento se instaló un experimento en una plantación de *Pinus patula* de 20 años de edad en los alrededores del valle del Río San Francisco en la Estación Científica San Francisco (zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus) en la región sur del Ecuador (ver Aguirre et al. 2006, Aguirre 2007). Se instalaron 8 parcelas, 648 individuos de nueve especies nativas fueron plantadas en sub-parcelas de 16 m² cada una, en dos diferentes condiciones ambientales: 4 parcelas bajo el dosel cerrado de la plantación, y 4 parcelas en pequeños claros dentro de la plantación. La Figura 1 da una visión general de la distribución de las parcelas y de los factores usados. Las especies evaluadas fueron: *Alnus acuminata*, *Cedrela montana*, *Cinchona officinalis*, *Cupania cf. americana*, *Heliocarpus americanus*, *Isertia laevis*, *Myrica pubescens*, *Piptocoma discolor* y *Tabebuia chrysantha*.

El experimento fue realizado en mayo del 2004. En este estudio la vegetación competitiva fue removida manualmente antes de la plantación y durante el periodo de evaluación con una frecuencia de cuatro meses.

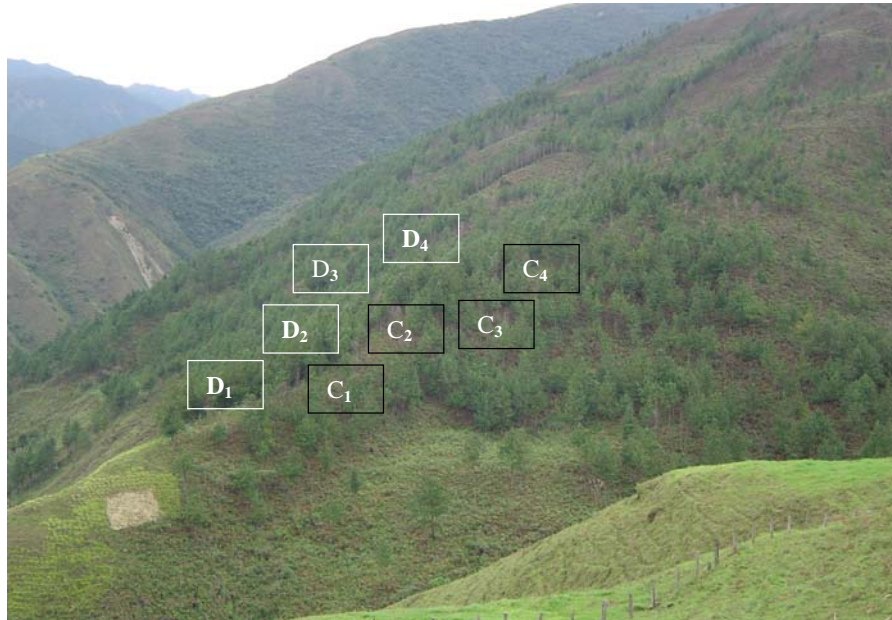


Figura 1: Distribución de las parcelas en el experimento de enriquecimiento de plantaciones de pino (D₁₋₄ parcelas bajo el dosel cerrado de la plantación; C₁₋₄ parcelas en claros)

El diseño experimental usado fue un modelo general de bloques al azar. Los factores fueron: dos micro-ambientes o cobertura del dosel (1= bajo dosel cerrado de la plantación de pino; 2= claros de la plantación) y especies forestales (nueve especies nativas).

Cuatro inventarios fueron realizados durante los primeros 24 meses. Uno inmediatamente después de la plantación para documentar la situación inicial seguidamente las siguientes evaluaciones fueron realizadas a las edades de 6, 12 y 24 meses. Los parámetros medidos fueron: altura de las plántulas, diámetro a la altura del cuello de la base (DAC), estado de salud de cada individuo. Además se colectaron datos físicos del suelo (textura y materia orgánica) y ciertos parámetros químicos del suelo (pH, nitrógeno y fósforo).

Para analizar los efectos de los factores en el comportamiento de las especies plantadas se analizó mediante análisis de varianza con medidas repetitivas. El factor tiempo incluyo 4 diferentes medidas (0, 6, 18 y 24 meses) para lo cual se uso el modelo lineal general usando el software SPSS versión 12 (Ferran 1997)

Resultados

Durante los últimos años algunos se han publicado estudios que enfatizan el potencial de las plantaciones con especies exóticas para promover la reforestación de tierras degradadas y abandonadas (p.ej., Fimbel & Fimbel 1996, Lugo 1997, Parrotta et al. 1997, Feyera et al. 2002a). Algunas especies exóticas como pinos y eucaliptos han demostrado ser capaces para copar las duras condiciones de tierras abandonadas. Así mismo la regeneración natural de ciertas especies nativas pueden establecerse y desarrollarse bajo doseles de las plantaciones, lo cual a mediano plazo puede apoyar la transformar de plantaciones forestales en ecosistemas con especies nativas comerciales. Por ello se monitoreo el desarrollo de plántulas de especies nativas plantadas bajo el dosel y en claros de plantaciones de pino. La Tabla 1 proporciona una visión de las características ambientales y de la estructura de la plantación forestal. Como puede evidenciarse en los claros y en el dosel cerrado difieren solo en relación a la cobertura del dosel y la pendiente del terreno. Todos los demás parámetros no demostraron diferencia significativa ($p>0.05$)

Tabla 1: Promedio de las características de las parcelas en claros y bajo el dosel cerrado (CV= coeficiente de variación; diferentes letras representan diferencia significativa a un $p < 0.05$).

Variables	Claros		Dosel cerrado		Sig.
	promedio	CV (%)	promedio	CV (%)	
Cobertura	10.5	52.4	22.1	34.8	b
Pendiente	57	64.9	44	40.9	b
Altitud	2073	0.7	2057	0.7	a
Arena (%)	56.5	100.0	47.0	22.3	a
Limo (%)	31.5	13.0	41.5	18.6	a
Arcilla (%)	12.0	40.8	11.5	49.6	a
pH	4.43	6.8	4.44	13.5	a
MO (%)	10.4	9.6	9.0	13.3	a
Nitrogeno	130.3	10.2	116.5	11.9	a
P ₂ O ₅ (ug/ml)	2.9	21.0	5.4	38.5	a
K ₂ O (ug/ml)	41.5	47.7	44.8	51.2	a

Dos años después de la plantación la sobrevivencia general no presento diferencia significativa entre micro-ambientes ($p = 0.537$, Tabla 2). Sin embargo, sorpresivamente la sobrevivencia de las especies pioneras fue mejor bajo el dosel cerrado (excepto *A. acuminata* y *P. discolor*) mientras que la sobrevivencia de las especies tolerantes *C. montana* y *C. officinalis* fue mejor en claros (Figura 2). *C. officinalis* experimento alta mortalidad bajo los dos micro-ambientes.

Uno de los aspectos interesantes es que en los claros no existió mortalidad en los primeros 6 meses, mientras que bajo el dosel *P. discolor*, *C. officinalis* y *H. americanus* experimentaron perdidas de 11 %, 19 %, 3% respectivamente durante este mismo tiempo. La mortalidad continuó constante hasta el final del periodo de observación.

Con relación al desarrollo de la altura y el diámetro a la altura de cuello (DAC) resulto que los dos parámetros fueron mejor en claros. Especialmente *A. acuminata* y *P. discolor* las cuales demostraron excelente crecimiento y alcanzaron medias de crecimiento en altura de

alrededor de 234 cm y 165 cm respectivamente, lo cual representa 2,5 veces mas que el crecimiento demostrado bajo el dosel cerrado de la plantación.

Observando el índice altura/DAC (Tabla 3) es interesante ver que la mayoría de las especies tuvieron altos valores bajo el micro-ambiente del dosel. Solo *C. cf. americana* y *C. montana* tuvieron altos valores en claros. Estas especies mostraron muy bajo incremento en DAC comparado con el alcanzado en el dosel. *T. chrysantha* también tuvo un ligero incremento del índice bajo el dosel pero su incremento en DAC de 1.1 cm fue similar al de las especies pioneras.

Tabla 2: Resumen del análisis de varianza para la sobrevivencia, altura total y diámetro a la altura del cuello de la plántula (DAC) después de dos años (valores significativos son presentados en cursiva).

Fuente de variación	p-valor		
	Sobrevivencia	Altura total	DAC
Micro-ambientes	0.537	0.000	0.000
especies	0.000	0.000	0.000
Micro-ambientes * especies	0.010	0.070	0.001

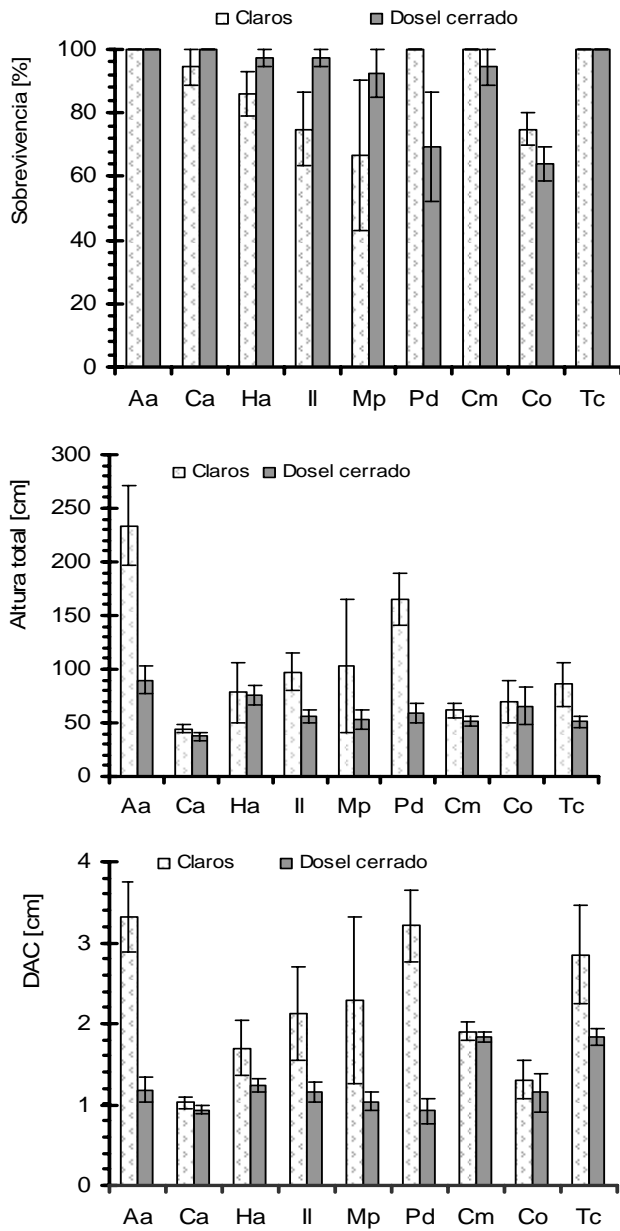


Figura 2: Promedio de la sobrevivencia, altura total y diámetro a la altura del cuello (DAC) para nueve especies nativas en diferentes micro-ambientes dos años después de la plantación (barras demuestran medias y error estándar). Aa= *Alnus acuminata*, Ca= *Cupania cf americana*, Ha= *Heliocarpus americanus*, Il= *Iseritia laevis*, Mp= *Myrica pubescens*, Pd= *Piptocoma discolor*, Cm= *Cedrela montana*, Co= *Cinchona officinalis*, Tc= *Tabebuia chrysantha*).

Tabla 3: Valor medio y máximo del índice altura/diámetro a la altura del cuello de las plántulas (H/DAC) para nueve especies nativas dos años después de la plantación (CV = coeficiente de variación)

Especies	Valor medio				Valor máximo			
	Claros		Dosel cerrado		Claros		Dosel cerrado	
	CV		CV		CV		CV	
	H/DAC	(%)	H/DAC	(%)	H/DAC	(%)	H/DAC	(%)
<i>Alnus acuminata</i>	70.0	8	75.8	6	73.3	10	73.1	16
<i>Cupania cf. americana</i>	43,3	11	39,9	15	50,3	7	42,2	24
<i>Heliocarpus americanus</i>	42,2	32	60,6	13	48,8	32	59,8	17
<i>Isertia laevis</i>	49,1	21	48,9	7	47,1	32	52,0	13
<i>Myrica pubescens</i>	41,3	30	51,8	33	53,8	14	50,7	47
<i>Piptocoma discolor</i>	51,2	15	64,6	11	50,7	18	68,7	20
<i>Cedrela montana</i>	32.5	23	28.0	11	30.7	22	26.7	15
<i>Cinchona officinalis</i>	51.9	28	55.8	27	61.1	15	63.2	55
<i>Tabebuia chrysantha</i>	29.7	10	27.7	10	31.7	12	30.9	10

En Ecuador el espacio común usado en plantaciones forestales es de 3 x 3 m lo cual corresponde a más de 1.100 plántulas por hectárea. Consecuentemente, desde el punto de vista de la práctica forestal será suficiente enfocarse en los árboles dominantes de cada parcela. Por ello en la Figura 3 se presentan las plántulas con los máximos crecimientos en altura y el DAC por parcela. Como se puede observar todas las especies excepto *C. cf americana* y *C. montana* tienen más de 1 metro de altura y los árboles más altos son de alrededor de 3 metros de alto. Para la mayoría de especies también la relación entre la altura en claros y bajo dosel se incrementó. Solo para *I. laevis* y *T. chrysantha* la relación decreció levemente. En adición la variación del crecimiento bajo el dosel fue claramente menor comparada con el crecimiento en los claros de plantación.

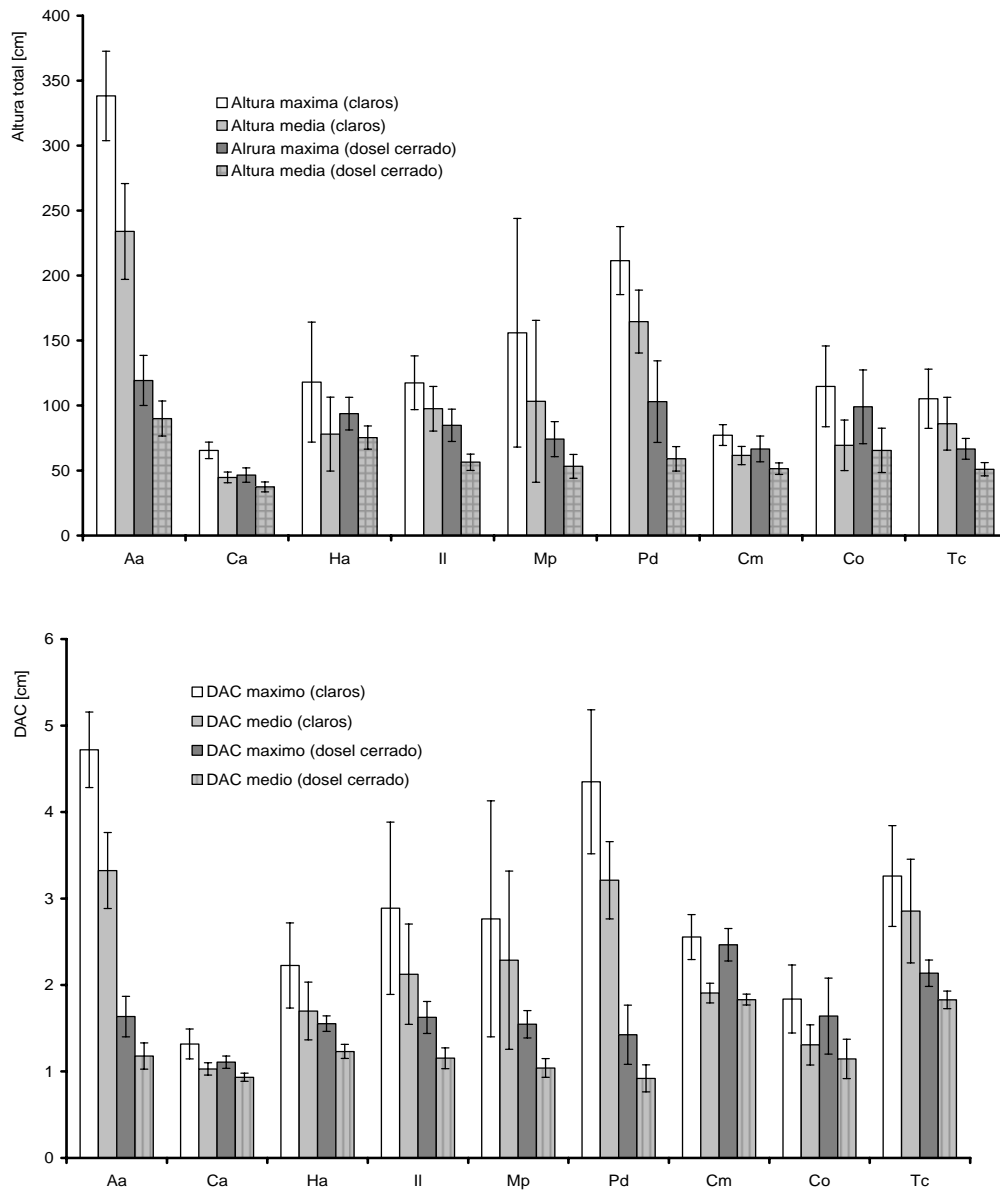


Figura 3: Crecimiento máximo y medio en altura y DAC de las plántulas de nueve especies nativas dos años después de la plantación bajo dosel y claros (Aa= *Alnus acuminata*, Cm= *Cedrela montana*, Co= *Cinchona officinalis*, Ca= *Cupania cf americana*, Ha= *Heliocarpus americanus*, Il= *Isteria laevis*, Mp= *Myrica pubescens*, Pd= *Piptocoma discolor*, Tc= *Tabebuia chrysantha*).

Al igual que el crecimiento, las plántulas de todas las especies que sobrevivieron demostraron también mejor estado de salud en los claros frente al dosel cerrado (Tabla 4). Esto ocurrió tanto para las especies pioneras como para las tolerantes; p. ej., la especie tolerante *C.*

montana obviamente prefirió la condición de claros porque bajo el dosel 25 % de sus plantas fueron de pobre salud. Solo *P. discolor* tuvo una alta proporción (32%) de sus plántulas en la categoría c.

Tabla 4: Estado de salud de las plántulas que sobrevivieron 24 meses después de la plantación (n= numero de plántulas; a= excelente, b= plántulas saludables, c=plántulas de pobre calidad con presencia de daños).

Especies	Calidad/estado de salud (%)							
	Claros				Dosel cerrado			
	n	a	b	C	n	a	b	c
<i>Alnus acuminata</i>	36	50	50	0	36	0	94	6
<i>Cupania cf americana</i>	31	23	77	0	36	0	100	0
<i>Heliocarpus americanus</i>	31	16	65	19	35	3	89	9
<i>Isertia laevis</i>	28	43	57	0	35	6	91	3
<i>Myrica pubescens</i>	25	75	8	17	25	0	100	0
<i>Piptocoma discolor</i>	36	83	14	3	25	4	64	32
<i>Cedrela montana</i>	36	83	17	0	36	72	3	25
<i>Cinchona officinalis</i>	27	4	96	0	23	9	74	17
<i>Tabebuia chrysantha</i>	36	97	3	0	36	69	28	3
Total	286	53	43	4	287	18	71	10

Como fue presentado en la Tabla 1, las diferencias significativas entre los micro-ambientes de claros y bajo dosel solo pudo ser observado para la cobertura y la pendiente del terreno. Sin embargo para identificar el efectos de suelo y de otras condiciones ambientales, se realizaron correlaciones de Pearson para todas los factores de sitio y la altura y el DAC. Los resultados son presentados en la Tabal 5. Para las parcelas bajo el dosel cerrado no se encontró correlaciones significantes con ninguno de los factores analizados. En cambio para las parcelas de los claros se registraron correlaciones positivas significantes para cobertura y pendiente con altura y DAC. Asi mismo la forma del terreno presento una correlación negativa con el DAC, es decir las plántulas presentaron mejores DAC en terrenos con una forma plana.

Tabla 5: Correlación de Pearson (R) entre variables seleccionadas del suelo/factores ambientales y el incremento en altura y diámetro a la altura del cuello (DAC) de las plántulas para todas las especies (valores con significante son presentadas en cursiva).

Variable	Claros				Dosel cerrado			
	Altura		DAC		Altura		DAC	
	R	sig.	R	sig.	R	sig.	R	sig.
Cobertura del dosel	<i>0,36</i>	<i>0,031</i>	<i>0,40</i>	<i>0,019</i>	0,07	0,697	0,26	0,134
Forma del terreno	-0,32	0,059	<i>-0,46</i>	<i>0,006</i>	-0,10	0,576	0,01	0,973
Pendiente (%)	<i>0,39</i>	<i>0,020</i>	<i>0,50</i>	<i>0,002</i>	0,10	0,571	0,28	0,103
Forma de la pendiente	0,25	0,147	0,30	0,078	-0,05	0,760	-0,22	0,202
Altitud	-0,16	0,349	0,01	0,952	-0,13	0,444	-0,23	0,194
Arcilla (%)	-0,18	0,293	-0,19	0,268	0,17	0,335	0,02	0,906
Arena	0,18	0,290	0,18	0,306	-0,12	0,475	0,06	0,713
Limo	-0,10	0,585	-0,07	0,673	0,04	0,799	-0,11	0,546
pH	-0,12	0,479	-0,11	0,540	0,10	0,560	0,04	0,815
Materia orgánica (%)	-0,23	0,190	-0,30	0,076	0,00	0,991	0,08	0,649
Nitrogeno	-0,24	0,169	-0,32	0,065	0,06	0,739	0,11	0,545
P2O5	-0,03	0,852	-0,04	0,807	0,03	0,882	0,12	0,486
K2O	-0,03	0,885	-0,04	0,835	0,08	0,639	0,03	0,887

Discusión

Sobre tierras extremadamente degradadas Sabogal (2005) considera que las especies exóticas como una adecuada opción para restaurar la cobertura forestal dentro de un razonable tiempo. A pesar de las reservaciones del uso de las especies exóticas mencionadas muy frecuentemente, hay evidencia que estas plantaciones pueden contribuir a la reversión de los procesos de degradación a través de la estabilización de los suelos, el incremento de los niveles de materia orgánica y el mejoramiento del pH o el estatus nutricional del suelo (Montagnini & Sancho 1990, Parrotta 1992, 1993, Lugo 1997, Feyera et al. 2002a, Carpenter et al. 2004). Recientes estudios dan fe también de un efecto facilitador de la regeneración natural en el dosel inferior (Lugo 1997, Feyera et al 2002b, Carpenter et al. 2004). Por

consiguiente, el establecimiento de plantaciones con especies exóticas y el subsiguiente enriquecimiento con especies nativas podría ser también una promisorio opción de reforestar pasturas abandonadas y rehabilitar la biodiversidad.

Los resultados de este estudio demuestran que la sobrevivencia, crecimiento y estado de salud fueron superiores a las correspondientes especies de un experimento de reforestación en diferentes ambientes de plantación en zonas aledañas (Aguirre 2007). Con relación al crecimiento todas las especies prefirieron las condiciones existentes en los claros de la plantación. Por ejemplo *A. acuminata* alcanzó un incremento anual en altura de 148 cm/año, valor similar a los registrados en sitios de mejores condiciones ambientales en Colombia (Ruiz 2002).

El buen comportamiento de las plántulas en los claros de plantaciones de pino puede ser explicado con el mejoramiento de las condiciones ambientales, como por ejemplo incremento de la humedad y bajas temperaturas así como con la reducción de la competencia de la vegetación competitiva, mientras los requerimientos de luz no fueron restrictivos como si lo fueron bajo el dosel cerrado.

Wadsworth (2000) registró similares resultados en su estudio y atribuyó estos, al hecho que el sistema radicular de las especies exóticas pueden tomar nutrientes a mayores profundidades del suelo los cuales no están disponibles para plantas con pequeños sistemas radiculares como en el caso de las plántulas jóvenes.

Estas recomendaciones o fallos soportan lo manifestado por Carpenter et al. (2004) que encontró que la pre-preparación de tierras degradadas mediante la plantación de pinos y su subsiguiente enriquecimiento con especies nativas puede tener más éxito que plantar directamente especies nativas en áreas abiertas. Los resultados también ofrecen una interesante opción para convertir las plantaciones existentes con especies exóticas en la región sur del Ecuador en sistemas más naturales.

Conclusiones

Todas las especies nativas plantadas en claros y bajo el dosel cerrado de las plantaciones de *P. patula* demostraron excelente comportamiento. Ellas alcanzaron mejores tasas de sobrevivencia y crecimientos que las especies plantadas en diferentes estados sucesionales en un experimento de reforestación en una zona aledaña (Aguirre 2007)

Las plantaciones de enriquecimiento puede ser una interesante opción para convertir plantaciones existentes con especies exóticas en la region sur del Ecuador en sistemas o ambientes más naturales, los cuales pueden contribuir a la restauración de la biodiversidad.

Con excepción de *P. discolor*, *C. montana* y *C. officinalis* las cuales tuvieron altas tasas de sobrevivencia en los claros de plantación, todas las demás especies demostraron mejor sobrevivencia bajo el dosel cerrado. Sin embargo hubo diferencias en el crecimiento en altura y DAC; todas las especies demostraron mejores crecimientos en los claros, esto puede ser concluido como resultado del incremento de las condiciones de humedad, bajas temperaturas y la reducción de la vegetación competitiva, mientras al mismo tiempo los requerimientos de luz no fueron restrictivos como si lo fueron bajo el dosel cerrado de la plantación. Sin embargo futuras evaluaciones tienen que confirmar que el buen crecimiento puede ser mantenido sobre periodos de tiempo hasta que el aprovechamiento de los pinos o hasta que el raleo selectivo sea requerido. Futuras investigaciones pueden también ser requeridas para definir el tamaño óptimo de los claros y para identificar los requerimientos específicos de luz de algunas especies.

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 bibliográficas

- Aguirre, N., 2007. Silvicultural contributions to the reforestation with natives species in the tropical rain forest region of south of Ecuador. Doctoral thesis, Technical University of Munchen, Germany.
- Aguirre, N., Günter, S., Weber, M., Stimm, B., 2006. Enriquecimiento de plantaciones de *Pinus patula* con especies nativas en el Sur del Ecuador. *Lyona* 10(1), 17-29
- Brummitt, N., Lughadha, E.N., 2003. Biodiversity: Where's hot and where's not. *Conservation Biology* 17 (5), 1442-1448.
- Carpenter, F., Nicols, J., Pratt, T., Young, K., 2004. Methods of facilitating reforestation of tropical degraded land with the native timber tree *Terminalia amazonia*. *Forest Ecology and Management* 202, 281-291

- Cavalier, J., Tobler, A. 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
- Cusack, D., Montagnini, F., 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
- FAO, 2006. Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Ferran, M., 1997. SPSS para WINDOWS. Programación y Análisis Estadístico. Mc.Graw Hill.
- Feyera, S., Beck, E., Lüttge, U., 2002a. Exotic trees as nurse-trees for the regeneration of natural tropical forests. *Trees* 16, 245-249.
- Feyera, S., Teketay, D., Näslund, B., 2002b. Native woody regeneration in exotic tree plantations at Munessa-Shashemene Forest Southern Ethiopia. *New Forests* 24, 131-145.
- Fimbel, R., Fimbel, C., 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.
- Guariguata, M.R., Reheingans, R., Montagnini, F., 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forests restoration. *Restoration Ecology* 3, 252-260.
- Günter, S., Weber, M., Erreyes, R., Aguirre, N., 2007. Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned pastures: a case study in the tropical mountain rain forest of Southern Ecuador. *European Journal of Forest Research* 126, 67-75.
- Hartig, H., Beck, E., 2003. The bracken fern (*Pteridium aquilinum*) dilemma in the Andes of South Ecuador. *Ecotropica* 9, 3-13.
- Lugo, A.E., 1997. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *Forest Ecology and Management* 99, 9-19.
- Montagnini, F., Sancho, F., 1990. Impacts of native trees on tropical soils: a study in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Ambio* 19, 386-390.
- Parrotta, J.A., Turnbull, J., Jones, N., 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99, 1-7.
- Paulsch, A., Schneider, R., Hartig, K., 2001. Land-use induced vegetation structure in montane region of Southern Ecuador. *Die Erde* 132, 93-102.
- Ruiz, I., 2002. Manual de Reforestación para América Tropical. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos - Instituto Internacional de Dasonomía Tropical Estación Experimental Sureña. San Juan Puerto Rico.
- Sabogal, C., 2005. Site-level rehabilitation strategies for degraded forest lands. *In: International Tropical Timber Organization (ITTO). Restoring forest landscapes: an introduction to the art and science of forest landscape restoration. ITTO, Technical Series* 23, 101-108. Tokyo, Japan.
- Wadsworth, F.H., 2000. Producción forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los EE.UU.

Wunder, S., 2000. The Economics of deforestation: the example of Ecuador. St. Marti's press, New York.