

# REFORESTACIÓN PARA CONTROL DE PASTOS INVASORES Y PROTECCIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL CANAL DE PANAMÁ

## REFORESTATION FOR CONTROL OF INVASIVE GRASS AND WATERSHED PROTECTION IN THE PANAMA CANAL

Florencia Montagnini<sup>1</sup>

Arturo Cerezo<sup>2</sup>

Hugo S. Lam Bent<sup>3</sup>

Taek Joo Kim<sup>4</sup>

Christopher Finney<sup>5</sup>

Fecha de recepción: 05/07/2008

Fecha de aceptación: 05/12/2008

1. Profesora, Yale University, School of Forestry and Environmental Studies, 370 Prospect Street, New Haven, CT 06511, USA. [florencia.montagnini@yale.edu](mailto:florencia.montagnini@yale.edu)

2. Agrónomo, División de Ambiente, Departamento de Ambiente, Agua y Energía,

Autoridad del Canal de Panama (ACP), Balboa, República de Panamá, [ACerezo@pancanal.com](mailto:ACerezo@pancanal.com)

3. Director, Office of Parks Conservation and Community Outreach, Baltimore City, Department of Recreation and Parks. 2600 Madison Avenue, Baltimore, MD 21217, USA. [hugoslam@gmail.com](mailto:hugoslam@gmail.com), [hugo.lam@aya.yale.edu](mailto:hugo.lam@aya.yale.edu)

4. Investigador, Korea Environment Institute, Seoul, Korea. [tachaos@yahoo.co.kr](mailto:tachaos@yahoo.co.kr), [tachaos@hanmail.net](mailto:tachaos@hanmail.net)

5. Estudiante de Maestría, Yale University School of Forestry and Environmental Studies.

[christopher.finney@yale.edu](mailto:christopher.finney@yale.edu)

### SUMMARY

The maintenance and expansion of the Panama Canal requires the supply of water for the canal and for human use. Reforestation in the canal watershed is hampered by invasion of *Saccharum spontaneum* grass that competes with trees and is prone to fire. Results of artificial shade trials indicate that good grass control can be achieved with 50% to 75% shade. This level of shade can be obtained early with plantations of “catalyst” species that form a dense crown such as the native *Gliricidia sepium*, *Inga punctata*, and the exotic *Acacia mangium*. Trials of species of timber value showed that *Pachira quinata*, *Terminalia amazonia*, *Hyeronima alchorneoides*, have good potential for reforestation. Recent trials established by the Panama Canal Authority, ACP, can be used as models for future reforestation efforts with mixed plantations. We recommend that timber species are planted in mixed designs with facilitating species that contribute to control the grass.

**Key words:** catalyst species, environmental services, facilitation, native trees, shade

### RESUMEN

El mantenimiento y expansión del Canal de Panamá requiere garantizar el suministro de agua para el canal y para uso humano. La reforestación en la cuenca del canal es dificultada por la invasión del pasto *Saccharum spontaneum* que compite con los árboles y promueve incendios. Resultados de ensayos con sombra artificial indican que se logra buen control del pasto con 50% a 75% de sombra. Esta sombra puede lograrse con plantaciones de especies que forman copa densa temprano tales como las especies nativas facilitadoras o “catalizadoras” *Gliricidia sepium*, *Inga punctata* y la exótica *Acacia mangium*. Especies de buen valor maderero para la reforestación en Panamá incluyen *Pachira quinata*, *Terminalia amazonia*, *Hyeronima alchorneoides*, y otras. Ensayos establecidos recientemente por la Autoridad del Canal de Panamá, ACP, pueden servir

como modelo para futuras reforestaciones en plantaciones mixtas. Se recomienda sembrar las especies maderables en asociación mixta con especies facilitadoras que contribuyan a combatir el pasto.

**Palabras clave:** especies catalizadoras, especies nativas, facilitación, servicios ambientales, sombra

### INTRODUCCIÓN

El Canal de Panamá fue abierto al tráfico de barcos en 1914. Tiene 80 km de longitud desde el océano Atlántico al Pacífico (ACP, 2007a). La Autoridad del Canal de Panamá (ACP) fue establecida en 2000 cuando Panamá asumió responsabilidad plena por el Canal y su compromiso en garantizar agua en cantidad y calidad para el consumo humano y para la operación del Canal. En 2006 se aprobó un proyecto para construir un tercer juego de esclusas. Esto duplicará su capacidad de

operación y también aumentará la demanda de agua. Por tal razón, se hace indispensable fortalecer la vigilancia de este recurso. La invasión por pastos agresivos en la cuenca del canal es uno de los problemas que debe enfrentarse, además de los costos de mantenimiento del canal (dragados, ensanchamientos, otros).

La ACP realiza desde 1998 proyectos de reforestación de cuencas que alimentan al canal. Por ejemplo, el proyecto llamado Ciudad del Árbol, en conjunto con la Universidad de Panamá, se encuentra localizado a 40 km de la ciudad de Panamá, al sur del Lago Alajuela, y formando límite con el Parque Nacional Chagres (ACP, 2007b). Este sitio de 200 ha estaba cubierto por el pasto invasor "paja blanca" (*Saccharum spontaneum* L.), y actualmente ha sido reforestado con especies de árboles nativos en plantaciones mixtas, contribuyendo a detener el avance del pasto sobre los bosques del Parque. ACP actualmente colabora con el Proyecto de Reforestación con Especies Nativas (PRORENA) en estos esfuerzos. PRORENA es un proyecto de colaboración entre la Universidad de Yale y el Instituto Smithsonian de Estudios Tropicales (STRI) ubicado en la ciudad de Panamá. PRORENA ha establecido plantaciones con especies de árboles nativos en varios sitios de la cuenca del Canal de Panamá y en otras regiones de Panamá (WISHNIE *et al.* 2007).

*Saccharum spontaneum* es una especie de caña de azúcar silvestre. Su rango nativo se extiende desde el norte del África a través de Asia en China e Indonesia. Es un pasto perenne, de hasta 5m de altura. Tolera la sequía y es muy eficiente en el uso del agua por ser una especie de metabolismo C4. Crece rápidamente y domina a sus competidores. Es tolerante al fuego. Forma esteras de raíces densas y capas de vegetación muerta que son combustibles. Tiene tres mecanismos de reproducción: semillas, rizomas subterráneos, y primordios de raíces en los internodos de los tallos. Es particularmente invasivo en sitios con suelos pobres o que son frecuentemente perturbados por el sobrepastoreo o el fuego. Fue reportado por primera vez en Panamá en 1960, y se ha expandido por casi todo el país (HAMMOND, 1999; HOOPER *et al.* 2002; 2004; TROPICOS, 2008). En la cuenca del canal de Panamá, domina la mayoría de los terrenos deforestados que no están bajo cultivo (ACP, 2007b). Las áreas dominadas por este pasto presentan serias dificultades para el establecimiento de bosques. Como resultado de la invasión por *S. spontaneum* se detienen los procesos de sucesión natural, aumentan los incendios, y baja la biodiversidad del ecosistema. *S. spontaneum* tiene escaso valor para la agricultura o para la vida silvestre, siendo una alternativa de alimentación de ganado en la época seca, así como una fuente posible de etanol (A. CERESO, no publicado).

Entre las medidas de control de este pasto, la combinación de cortes sucesivos con la aplicación de

herbicidas ha sido exitosa, permitiendo la siembra de especies de árboles para la reforestación de las áreas invadidas. Sin embargo, esto aumenta considerablemente los costos de establecimiento de las plantaciones (WISHNIE *et al.* 2002; 2007), por lo cual se hace necesario examinar otros sistemas alternativos para su control. El objetivo del presente trabajo fue medir el nivel de sombra necesario para el control del pasto invasor del canal, paja blanca (*Saccharum spontaneum*), así como detectar en ensayos de reforestación, especies nativas maderables de buen crecimiento y valor para ser utilizadas en la reforestación de la cuenca del canal. La hipótesis principal fue que es posible controlar el pasto invasor con niveles de sombra que pueden ser logrados por medio de la reforestación con especies de buen crecimiento en la zona del canal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Efectos de la sombra sobre el rebrote y crecimiento del pasto

Este proyecto tuvo como objetivo examinar los efectos de la sombra natural y artificial sobre el rebrote y crecimiento de *S. spontaneum* en un área de la cuenca del Canal de Panamá, en terrenos pertenecientes a ACP, cerca del Parque Nacional Soberanía, unos 10 km al norte de Ciudad de Panamá, adyacente a la cuenca del canal (8°59'N, 79°33'O). La temperatura es de 24°C a 30°C y la precipitación promedio anual es de 1740 mm.

Se utilizaron cajones de sombra (26 m x 6 m x 2 m altura) cubiertos con tela de poliuretano que producía diferentes proporciones de sombra (KIM *et al.*, 2008). Los tratamientos incluyeron 100%, 50%, 25%, 15%, y 5% de iluminación. Los cajones se colocaron sobre parcelas donde previamente se había cortado el *S. spontaneum* con machete. El pasto se volvió a cortar cada seis semanas, y se secó y pesó la biomasa en mediciones repetidas de crecimiento del pasto de agosto a enero. Se utilizó análisis de varianza para evaluar diferencias en biomasa del pasto cosechado bajo los diferentes tratamientos de sombra, para cada fecha de corte.

En otra investigación realizada en el mismo sitio, se evaluó la densidad del pasto que crecía bajo la copa de árboles sembrados en ensayos que formaban parte del proyecto PRORENA. Las plantaciones utilizadas eran jóvenes, con 2 años de edad, y estaban establecidas con un distanciamiento entre árboles de 3m x 3m (KIM *et al.* 2006). Se evaluaron un total de 10 especies que representaban un rango amplio de diámetro de tronco y de densidad de copas. Se hizo una correlación entre la densidad del pasto y el índice de cobertura de copas de las especies evaluadas (KIM *et al.* 2006).

### Ensayos de reforestación con especies nativas

El proyecto PRORENA mantiene en Panamá uno de los mayores ensayos de reforestación en América

Latina, con más de 60 especies de árboles nativos, repetidos en varios sitios en un rango de precipitación anual de 1100 mm – 3000 mm (WISHNIE *et al.* 2002; 2007). El presente estudio se realizó en seis fincas, en plantaciones establecidas entre 1995 y 2000 en áreas que habían sido utilizadas para el pastoreo de ganado, establecidas en colaboración entre PRORENA y la empresa reforestadora Futuro Forestal (FUTURO FORESTAL, 2008). Como parte de sus proyectos de reforestación, Futuro Forestal ha comprado fincas de agricultores en las cuales ha establecido plantaciones de árboles nativos y una especie exótica, la teca. Las fincas están ubicadas cerca de Las Lajas, Chiriquí, región de bosque muy húmedo, pre-montano, con precipitación anual de 3000-3500 mm, y temperatura media anual de 27°C. Los suelos son Andisoles de origen volcánico reciente.

Se evaluó el crecimiento de cinco especies forestales de buen valor maderable, cuatro de ellas nativas: *Terminalia amazonia* (“Amarillo” o “Roble coral”, combretaceae), *Swietenia macrophylla* (Caoba, meliaceae), *Hyeronima alchorneoides* (“Zapatero” o “Pilón”, euforbiaceae), *Pachira quinata* (“Cedro Espino”, bombacaceae) y una exótica, *Tectona grandis* (“Teca”). Para las mediciones, se establecieron parcelas permanentes de muestreo de 20m x 20m en cada plantación. Como las plantaciones tenían diferentes edades (5 a 10 años), para comparar el crecimiento de las especies se calcularon los Incrementos Medios Anuales (IMA) de las variables DAP (diámetro a la altura del pecho), altura total, y volumen. Se utilizó análisis de varianza para comparar las diferencias entre especies para las variables evaluadas. No fue posible comparar diferencias en el crecimiento de las especies entre

sitios o fincas, ya que no todas las especies fueron sembradas en todas las fincas.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

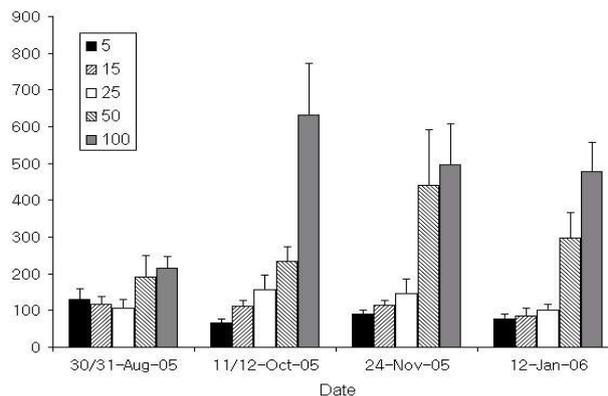
**Control de pasto invasor con sombra artificial**

Los efectos de la sombra artificial sobre el crecimiento del pasto se comenzaron a observar después de las primeras seis semanas. Luego de seis semanas, hubo una reducción significativa del crecimiento del pasto cuando la iluminación fue de 25%. No hubo diferencias significativas entre niveles de iluminación de 25%, 15%, y 5% (Gráfico 1).

**Efectos de la sombra de árboles de los proyectos de reforestación de PRORENA**

Los resultados de las correlaciones entre la densidad de las copas de los árboles evaluados y la densidad del pasto invasor fueron significativos con un  $R^2 = 58,9\%$ , y  $p = 0,001$ , con una relación inversa entre densidad de copas y crecimiento del pasto (KIM *et al.*, 2006). Los mejores resultados, es decir el menor crecimiento del pasto se produjo bajo árboles de copa amplia y densa tales como *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga punctata* y *Acacia mangium* (exótica). Estas especies son del tipo “catalizador” es decir que son especies de crecimiento rápido, generalmente pertenecientes a estadios sucesionales tempranos (pioneras). Además, estas especies poseen características que les permiten lograr una cobertura rápida del sitio, tales como la fijación de nitrógeno en el caso de *G. sepium*, *I. punctata* y *A. mangium*, y la producción de abundante hojarasca que cubre el suelo y evita el crecimiento del pasto, muy notable en el caso de *I. punctata*.

**Biomasa aérea seca (g/m<sup>2</sup>)**



**Fecha**

**Gráfico 1. Biomasa aérea seca promedio (g/m<sup>2</sup>) de *Saccharum spontaneum* en cada fecha de corte. 5, 15, 25, 50 y 100 – indican niveles de iluminación (%). Las barras indican errores estándar. Fuente: KIM *et al.*, 2008.**

**Graph 1. Mean dry above-ground biomass (g/m<sup>2</sup>) of *Saccharum spontaneum* at each harvest date. 5, 15, 25, 50 and 100 - indicate % light levels. Bars indicate standard errors. Source: KIM *et al.*, 2008.**

### Productividad de especies utilizadas para la reforestación

Los resultados de crecimiento de las cinco especies maderables en las fincas estudiadas se muestran en la Tabla 1. Tal como se explicó anteriormente, no fue posible evaluar diferencias en el crecimiento de las especies entre sitios o fincas, ya que no todas las especies estaban presentes en todas las fincas.

La especie *Terminalia amazonia*, considerada muy promisorio para la reforestación en América Latina, tuvo comportamiento muy bueno, entre las mejores de las estudiadas, con IMA Volumen 5,7 – 13,7 m<sup>3</sup>/ha/año. Estos resultados son comparables a los obtenidos en Costa Rica, donde esta especie es una de las especies nativas más frecuentemente sembradas por los agricultores dado su buen comportamiento y su valor maderable (MONTAGNINI *et al.* 2005; REDONDO BRENES, 2007).

La especie *Hyeronima alchorneoides* presentó un IMA Volumen ampliamente variable de acuerdo a la calidad del sitio, con un rango de 0,04 a 10,81 m<sup>3</sup>/ha/año. Resultados similares fueron encontrados en Costa Rica (DELGADO *et al.* 2003; MONTAGNINI *et al.* 2005). Se han encontrado problemas de forma de fuste (bifurcaciones) en condiciones de falta de manejo (PIOTTO *et al.* 2004). Sin embargo esta especie también es preferida por los agricultores debido a su alta sobrevivencia, buen crecimiento, y alta calidad de su madera. El Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) está trabajando en la producción de clones de mejor crecimiento y forma para esta especie, dada su preferencia y su alto valor (REDONDO BRENES, 2007).

Las especies *H. alchorneoides* y *T. amazonia* cuando fueron cosechadas del sitio de esta investigación en 2007, tuvieron valor de mercado equivalente al de la teca (FUTURO FORESTAL, 2008). Estas dos especies promueven el reciclaje de nutrientes, por lo cual se las asocia en sistemas agroforestales y agrosilvopastoriles, lo cual es otro factor que aumenta su aceptación por los agricultores, ya que esto permite la diversificación en el uso de la tierra, disminuyendo así los riesgos. Además, ambas especies favorecen la regeneración natural bajo su copa, con lo cual aumentan la diversidad del ecosistema (CARNEVALE y MONTAGNINI, 2002; MONTAGNINI *et al.*, 2003, 2005).

*Pachira quinata* (también conocido como *Bombacopsis quinata*, “Pochote”) de alto valor de mercado, tuvo crecimiento muy variable, con IMA Volumen de 0,81 a 22,2 m<sup>3</sup>/ha/año. Según datos de América Central, su comportamiento es muy influenciado por la calidad del sitio (MONTERO *et al.*, 2003). En otros ensayos de PRORENA, esta especie mostró un buen comportamiento a través de un gradiente de precipitación bastante amplio

(WISHNIE *et al.* 2007). *Swietenia macrophylla* (caoba) produce madera de valor superior, pero es poco utilizada en plantaciones debido a ser susceptible al barrenador del tallo de las meliáceas, *Hypsipilla grandella*. En el presente estudio su IMA Volumen fue de 1,42 a 3,55 m<sup>3</sup>/ha/año. Es una especie de potencial para siembra en plantaciones de especies mixtas, lo cual puede contribuir a evitar el ataque del barrenador.

*Tectona grandis* (teca) ha tenido buen comportamiento en diversos sitios en Panamá, Costa Rica y Nicaragua. En el presente estudio su IMA Volumen fue de 1,93 a 4,65 m<sup>3</sup>/ha/año, es decir un buen crecimiento, aunque no significativamente mejor que el de las especies nativas.

### Alternativas para control del pasto invasor y producción de madera

Los resultados de la presente investigación identifican por un lado a especies facilitadoras que pueden ejercer un control temprano de pasto invasor y por otro lado a especies de buen valor maderable y de crecimiento promisorio. En proyectos de reforestación donde es necesario controlar los pastos agresivos y a la vez lograr beneficios económicos y ambientales, la alternativa recomendable es la plantación de especies forestales en diseños mixtos, en los cuales se combinen especies que ejercen control más efectivo del pasto a una edad temprana, con otras que tienen buen valor maderable. De esta manera, las especies catalizadoras o facilitadoras pueden controlar el pasto invasor más temprano, así favoreciendo el crecimiento de las especies maderables plantadas en combinación con ellas.

Reforestaciones recientes de este tipo ya se encuentran en los proyectos de ACP tales como el de Ciudad del Árbol mencionados anteriormente (ACP, 2006; 2007b). Estas experiencias de ACP suministran información sobre detalles para el establecimiento de plantaciones mixtas para las condiciones ecológicas de la zona del canal. Otro proyecto llamado “Agua Salud”, en colaboración entre ACP, STRI, y Yale, recientemente ha comenzado plantaciones utilizando este tipo de combinaciones de especies nativas facilitadoras con otras de valor maderable, para la producción de madera y servicios ambientales como el agua.

**Tabla 1.** Crecimiento de cinco especies forestales plantadas en seis fincas en Las Lajas, Panamá: Incremento Medio Anual (IMA) de DAP, altura total y volumen. Las letras diferentes (a-c) indican diferencias significativas entre valores promedios de diferentes especies para cada finca (P<0,05). Fuente: LAM *et al.*, en prensa.

**Table 1.** Growth of five tree species planted in 6 farms in Las Lajas, Panamá: Mean Annual Increment (MAI) in DBH, total height and volume. Differing lowercase letters (a-c) indicate a significant difference between the mean values of different species within a single farm (P<0,05). Source: LAM *et al.*, in press.

Finca/ Especies	Edad (años)	Densidad (árboles/ha)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-altura (m/año)	IMA-Vol (m <sup>3</sup> /ha/año)
<b>Madera Fina</b>					
<i>T. grandis</i>	9,5	482	1,01 b	1,09 b	1,93 b
<i>T. amazonia</i>	9,5	517	1,90 a	2,04 a	13,72 a
<i>S. macrophylla</i>	9,5	441	1,40 ab	1,14 ab	3,55 b
<i>H. alchorneoides</i>	9,5	481	1,53 a	1,68 a	6,82 b
<b>Pampanillo</b>					
<i>T. grandis</i>	7,5	743	1,04 ab	1,41 a	2,56 a
<i>S. macrophylla</i>	7,5	283	1,72 a	0,75 b	1,42 b
<i>P. quinata</i>	7,5	335	1,00 b	1,07 ab	0,81 b
<b>Los Monos</b>					
<i>P. quinata</i>	7,5	525	3,58 a	1,46 a	22,16 a
<i>H. alchorneoides</i>	7,5	525	2,31 b	2,01 a	10,81 a
<b>Los Ríos 1</b>					
<i>T. grandis</i>	5,5	687	1,45 b	1,83 b	3,23 a
<i>T. amazonia</i>	5,5	425	2,13 a	2,43 a	5,72 abc
<i>H. alchorneoides</i>	5,5	391	0,19 c	2,03 b	0,04 c
<b>Los Ríos 2</b>					
<i>T. grandis</i>	5,5	700	1,31 b	1,40 a	2,06 a
<i>P. quinata</i>	5,5	306	2,62 a	1,48 a	3,80 a
<b>Los Ríos 3</b>					
<i>T. grandis</i>	5,5	704	1,62 c	2,06 ab	4,65 a
<i>T. amazonia</i>	5,5	383	2,43 ab	2,54 a	7,02 a
<i>P. quinata</i>	5,5	400	2,74 a	1,14 c	4,19 a
<i>H. alchorneoides</i>	5,5	383	1,74 bc	1,71 bc	2,42 a

## CONCLUSIONES

Pudo lograrse control del pasto invasor a niveles de iluminación del 25% (es decir sombra de 75%) con respecto a sitio abierto. La densidad del pasto se redujo significativamente bajo árboles de especies nativas de copa amplia y densa tales como *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga punctata* y *Acacia mangium* (esta última exótica), en plantaciones jóvenes relativamente densas (3m x 3m).

Entre las especies nativas evaluadas, *Pachira quinata* tiene un gran potencial para la reforestación, pero la calidad del sitio afecta su comportamiento. Tanto *Hyeronima alchorneoides* como *Terminalia amazonia*, ambas nativas, como la *Tectona grandis*, exótica, tienen potencial para valores intermedios a altos de productividad bajo condiciones más variadas de crecimiento.

En el futuro es recomendable planificar las reforestaciones en forma de plantaciones mixtas, combinando especies de modo de obtener los beneficios descritos: control del pasto agresivo,

protección del suelo y reciclaje de nutrientes, por parte de especies catalizadoras o facilitadoras, y crecimiento bueno para obtener beneficios económicos y otros servicios ambientales por parte de especies de valor maderable.

## BIBLIOGRAFÍA

- AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ (ACP). 2006. Manual de reforestación. Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Volumen 1. ACP, División de Administración Ambiental, Sección de Manejo de Cuenca, Unidad de Sensores Remotos, ACP, Balboa, Panamá. 31 pp.
- AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ (ACP). 2007a. The Panama Canal. ACP, Corporate Communications, Balboa, Panama.
- AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ (ACP). 2007b. Ciudad Del Árbol. Proyecto para recuperación ambiental para la reserva genética de especies nativas de Panamá. Universidad de Panamá y Autoridad del Canal de Panamá, Panamá.

- CARNEVALE, N.J.; Montagnini, F. 2002. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. *Forest Ecology and Management*, 163: 217-227pp.
- DELGADO, A.; Montero, M.; Murillo, O; Castillo, M. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27(1): 63-78pp.
- FUTURO FORESTAL. 2008. Primer pago de nuestras maderas. Woodstock News: Futuro Forestal Newsletter. [www.futuroforestal.com](http://www.futuroforestal.com). AP 0819-07583 El Dorado, Panama City, Panama.
- HAMMOND, B. 1999. *Saccharum spontaneum* (Gramineae) in Panama: The physiology and ecology of invasion. *Journal of Sustainable Forestry*, 8(3/4): 23-38pp.
- HOOPER, E.; Condit, R.; Legendre, P. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, 12 (6): 1626-1641pp.
- HOOPER, E.; Condit, R.; Legendre, P. 2004. Factors affecting community composition of forest regeneration in deforested, abandoned land in Panama. *Ecology*, 85 (12): 3313-3326 pp.
- KIM, T. J.; Montagnini, F.; Cedeño, N.; Dent, D.; Mariscal, E. 2006. Investigation of shading as a method for controlling wild sugarcane on abandoned lands (Panama). *Ecological Restoration*, 24(3): 203-204pp.
- KIM, T. J.; Montagnini, F., Dent, D. 2008. Rehabilitating abandoned pastures in Panama: control of the invasive exotic grass, *Saccharum spontaneum* (L.), using artificial shade treatments. *Journal of Sustainable Forestry*, 26(3): 192-203 pp.
- LAM BENT, H. S.; Montagnini, F.; Finney, C. A comparison of growth and yield among four native and one exotic tree species on plantations on six farms at Las Lajas, Chiriqui Province, Western Panama. *Journal of Sustainable Forestry*. En prensa.
- MONTAGNINI, F.; Ugalde, L.; Navarro, C. 2003. Growth characteristics of some native tree species used in silvopastoral systems in the humid lowlands of Costa Rica *Agroforestry Systems*, 59: 163-170 pp.
- MONTAGNINI, F.; Cusack, D., Petit, B.; Kanninen, M. 2005. Environmental Services of Native Tree Plantations and Agroforestry Systems in Central America. *Journal of Sustainable Forestry*, 21(1): 51-67 pp.
- MONTERO, M.M.; Viquez, E.L.; Kanninen, M. 2002. Manejo silvicultural y rendimiento de *Bombacopsis quinata*. En: J. Cordero and D.H. Boshier (eds.). 2002. *Bombacopsis quinata*: Un árbol maderable para reforestar. *Tropical Forestry Papers* 39, Oxford Forestry Institute, Oxford, England. Pp. 97-112.
- PIOTTO, D.; Montagnini, F.; Kanninen, M.; Ugalde, L.; Viquez, E. 2004. Forest Plantations in Costa Rica and Nicaragua: Performance of Species and Preferences of Farmers. *Journal of Sustainable Forestry*, 18(4): 59-77 pp.
- REDONDO-BRENES, A. 2007. Growth, carbon sequestration and management of native tree plantations in humid regions of Costa Rica. *New Forests*, 34: 256-268 pp.
- TROPICOS. 2008. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 03 Jul 2008  
<http://tropicos.org/Specimen/2014278>.
- WISHNIE, M. H.; Deago, J.; Mariscal, E.; Sautu, A. 2002. The efficient control of *Saccharum spontaneum* (L.) (Gramineae) in mixed plantations of six native species of tree and teak (*Tectona grandis*) in the Panama Canal Watershed, Republic of Panama.  
[http://research.yale.edu/prorena/publicaciones\\_files/E\\_CO-03-03-En.pdf](http://research.yale.edu/prorena/publicaciones_files/E_CO-03-03-En.pdf)
- WISHNIE, M. H.; Dent, D.; Mariscal, E.; Deago, J.; Cedeño, N.; Ibarra, D.; Condit R.; Ashton, P.M.S. 2007. Initial performance and reforestation potential of 24 tropical tree species planted across a precipitation gradient in the Republic of Panama. *Forest Ecology and Management*, 243: 39-49 pp.