

Plantaciones forestales con especies nativas

Una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales

Florencia Montagnini
Universidad de Yale.
florencia.montagnini@yale.edu

las plantaciones forestales con especies nativas pueden cumplir una función social y económica, pues ofrecen productos arbóreos y contribuyen a la rehabilitación de áreas degradadas, a la absorción de carbono atmosférico y a la recuperación de la biodiversidad.



Foto: Florencia Montagnini

Resumen

El mercado de la madera en América Central se ha nutrido tradicionalmente de los bosques naturales. Sin embargo, con el avance de la deforestación, el establecimiento de plantaciones forestales es una alternativa que varios países como Costa Rica han estimulado en años recientes. Además de contribuir a suplir la creciente demanda de madera, las plantaciones proveen servicios ambientales; por ejemplo, el almacenaje de carbono. Pero además, las plantaciones pueden contribuir a la recuperación de suelos y de la biodiversidad de tierras degradadas. En este trabajo se presentan experiencias con especies forestales nativas, en plantaciones puras y mixtas generadas en Costa Rica en los últimos doce años. Se presentan resultados de crecimiento en volumen, producción de biomasa y recuperación de la fertilidad del suelos y de la biodiversidad en terrenos degradados. Se destacan las especies más promisorias en cada caso y se dan algunas recomendaciones para el uso de plantaciones con estas especies. Se sugiere que se establezcan incentivos para la reforestación y se estimule el establecimiento y mantenimiento de plantaciones con especies nativas siguiendo los modelos que hasta el momento han tenido éxito.

Palabras claves: Plantaciones forestales; especies nativas; *Terminalia amazonia*; *Dipteryx panamensis*; *Hyeronima alchorneoides*; *Calophyllum brasiliense*; *Vochysia guatemalensis*; *V. ferruginea*; *Swietenia macrophylla*; *Cedrela odorata*; *Cordia alliodora*; servicios ambientales; volumen; producción de biomasa; producción de madera; Costa Rica.

Summary

Forest plantations with native species; an alternative for wood production and the provision of environmental services. In Central America, the timber market has traditionally used wood from natural forests. However, with the advance of deforestation, the establishment of forest plantations is an alternative that several countries like Costa Rica have stimulated in recent years. In addition to contributing to supply the increasing demand for timber, plantations provide environmental services; for example, carbon sequestration and storage. Plantations can also contribute to the recovery of soils and biodiversity of degraded lands. In this article, results are shown of experiments with native tree species growing in pure and mixed plantations in Costa Rica over the last twelve years. Results are shown on growth in volume, biomass production and recovery of soil fertility and biodiversity in degraded lands. The most promising species are shown for each case, and recommendations are given for the use of plantations including these species. It is suggested that incentives for reforestation should be used, and that the establishment and maintenance of plantations should be stimulated following the successful models presented in this article.

Keywords: Forest plantations; native species; *Terminalia amazonia*; *Dipteryx panamensis*; *Hyeronima alchorneoides*; *Calophyllum brasiliense*; *Vochysia guatemalensis*; *V. ferruginea*; *Swietenia macrophylla*; *Cedrela odorata*; *Cordia alliodora*; environmental services; volume; biomass production; wood production; Costa Rica.

Las plantaciones forestales tropicales pueden cumplir con una variedad de servicios que incluyen el suministro de productos de madera, acumulación del carbono, protección del suelo y aceleración de la regeneración natural (Parrotta 1992, Lamb 1998). Con sus rendimientos relativamente altos, las plantaciones tropicales y subtropicales tienen gran potencial para contribuir sustancialmente a la producción de madera en el mundo (Evans 1999, Wadsworth 1997). Además, las plantaciones forestales son una fuente de dinero en efectivo, así como una inversión a mediano o largo plazo para los agricultores (Chambers y Leach 1990).

En América Central, los resultados de una serie de ensayos que empezaron en la década de 1980 permitieron identificar especies arbóreas nativas y exóticas prometedoras para la reforestación. Muestra de estos trabajos son los informes silviculturales del Proyecto Madeleña, ejecutado por el CATIE en esa época en el ámbito centroamericano (Ugalde 1997a-1997f). En el caso de la actividad forestal en Costa Rica, investigaciones del CATIE y otras instituciones como la Organización para Estudios Tropicales (OET) y la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), así como el proyecto REDES del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) han generado información valiosa sobre crecimiento, productividad, acumulación de biomasa y aspectos financieros sobre especies arbóreas nativas y exóticas en plantaciones puras y mixtas en el trópico húmedo. Para estas especies se ha estimado un turno de rotación para producción de madera de aserrío entre 12-25 años y volúmenes en pie esperados a la cosecha de 250-300 m³/ha (González y Fisher 1994, Butterfield y Espinoza 1995, Montagnini *et al.* 1995, Montagnini y Mendelsohn 1997, Haggard *et al.* 1998).

En Costa Rica, la legislación forestal contempla incentivos para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales, sobre todo en pastizales abandonados y otras áreas despobladas de árboles. Estos incentivos han hecho que aumente el interés entre los finqueros por plantar especies nativas, así como plantaciones mixtas que incluyen árboles de rápido crecimiento y alto valor de madera (Montagnini *et al.* 1995, Montagnini y Mendelsohn 1997).

los agricultores y empresarios necesitan mayor información sobre lineamientos silviculturales, así como recomendaciones para la planificación y manejo de las plantaciones forestales y aspectos financieros, con el fin de lograr un mayor desarrollo de la actividad forestal a escala comercial.

Sin embargo, los agricultores y empresarios necesitan mayor información sobre lineamientos silviculturales, así como recomendaciones para la planificación y manejo de las plantaciones forestales y aspectos financieros, con el fin de lograr un mayor desarrollo de la actividad forestal a escala comercial. A la vez, si con un mejor conocimiento del manejo silvicultural de las especies se logran mejores resultados, esto servirá como estímulo para que este tipo de legislación sea aplicada en otros países. Plantar árboles puede convertirse en un negocio atractivo para los pequeños finqueros en zonas con condiciones climáticas parecidas. Además, la leña y la biomasa forrajera proveniente de las podas y raleos son una fuente adicional de ingreso para los productores.

En este trabajo se presenta un panorama general del desarrollo de las actividades de plantaciones forestales en Costa Rica, así como algunos resultados de ensayos de rehabilitación de áreas degradadas con especies forestales nativas, crecimiento de especies en plantación pura y mixta, y el papel de las plantaciones en la recuperación de la biodiversidad. Se sugiere la aplicación de programas de incentivos para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales con especies nativas en otros países donde se presenten condiciones similares a las de Costa Rica.

El desarrollo de las plantaciones forestales en Costa Rica

En Costa Rica existen alrededor de 2,4 millones de hectáreas de pastizales, de las cuales más de 400.000 ha están abandonadas y con vegetación secundaria en diferentes etapas de desarrollo (Russo 1998). Estas tierras podrían ser recuperadas mediante la reforestación con especies forestales nativas.

Históricamente, el mercado maderero en Costa Rica se ha limitado al aprovechamiento de los bosques naturales, principalmente para la construcción de viviendas, mueblería y fabricación de puertas de exportación. En las últimas dos décadas se ha comenzado a reforestar con diferentes especies. En Costa Rica, la legislación reciente prevé subsidios de varios tipos para el establecimiento y cuidado de plantaciones forestales a corto y mediano plazo. Estos mecanismos incluyen el Pago por Servicios Ambientales (PSA) y la compra de madera por adelantado. A partir de 1996, con la Ley Forestal 7575 (artículo 3 inciso k), Costa Rica reconoce oficialmente los servicios ambientales de los bosques naturales y plantados, y establece un mecanismo de pago por servicios ambientales (Campos y Ortiz 1999). Este mecanismo permite que los dueños de bosques y planta-

ciones forestales reciban una compensación por los servicios ambientales que esos ecosistemas brindan. Su principal fuente de financiamiento es nacional, a través del impuesto selectivo al consumo de combustibles.

Se reconoce PSA a los propietarios de bosques en áreas comprendidas entre 2 y 300 ha, en conservación, manejo y regeneración de bosque natural, y 1 ha o más para reforestación o manejo de plantaciones. Las solicitudes se realizan en las oficinas regionales del Ministerio del Ambiente y Energía y se canalizan a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), el cual es el ente financiero que centraliza los recursos y emite los certificados para PSA. El Poder Ejecutivo establece, mediante decreto, las áreas prioritarias, el monto a pagar por hectárea y el plazo máximo para la presentación de las solicitudes. Actualmente los montos se dividen en 5 años, y se distribuyen en diferentes porcentajes según la actividad forestal (Cuadro 1).

Como se puede apreciar, la reforestación recibe el PSA mayor: casi el doble que la conservación de bosque natural. De esta manera, el PSA puede convertirse en un fuerte mecanismo de estímulo para esta actividad. El valor de PSA para plantaciones establecidas es bastante menor: casi un tercio del valor para reforestación. Sin embargo, el PSA para plantaciones establecidas puede complementarse por otro mecanismo: la compra de madera por adelantado. Este se aplica a plantaciones de al menos tres años de edad, y se paga a razón de US\$75/ha por año por un total de 15 años. Además, el dueño del bosque recibe el valor del 80% de la madera al final de la rotación. Estos dos tipos de subsidios eliminan o disminuyen en buena medida uno de los principales cuellos de botella de los proyectos de reforestación: el alto costo de establecimiento y mantenimiento de las plantaciones forestales.

Cuadro 1.
Montos anuales totales y porcentajes asignados al Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica

Actividad	Monto total US\$ por ha	Año y % pago anual/ha				
		1	2	3	4	5
Conservación de bosque	237	20	20	20	20	20
Reforestación	608	50	20	15	10	5
Sistemas agroforestales	0,9/árbol	50	20	15	10	5

Fuente: Campos y Ortiz 1999



Foto: Florencia Montagnini

Las plantaciones mixtas presentan buenos resultados en la recuperación de la biodiversidad

Elección de especies para plantaciones y sistemas agrosilvopastoriles

La incorporación de componentes leñosos en un sistema de producción garantiza la obtención de beneficios provenientes de los productos arbóreos (madera, leña, abono verde, entre otros) y de sus ventajas ecológicas potenciales; en especial, la capacidad de reciclar nutrientes. La elección de una especie depende de que las ventajas productivas y ecológicas puedan lograrse en el mismo sistema, aunque en algunos casos, puede privilegiarse una determinada función. Por ejemplo, resultados

de ensayos en la Estación Biológica La Selva sobre la influencia de plantaciones jóvenes de especies forestales nativas de valor maderable en la recuperación de potreros degradados, mostraron que las propiedades físicas y químicas de los suelos mejoraban significativamente bajo todas las especies estudiadas, en comparación con el sitio de control (Montagnini y Sancho 1990a, b). Otros ensayos recientes muestran el crecimiento y potencial para la combinación agroforestal de doce especies nativas, entre las que se destacan *Terminalia amazonia*, *Virola koschnyi*, *Dipteryx panamensis*,

Vochysia ferruginea, *Vochysia guatemalensis*, *Hyeronima alchorneoides* y *Calophyllum brasiliense* (Montagnini *et al.* 1995, Montagnini y Porras 1998, Byard *et al.* 1996, Kershner y Montagnini 1998, Horn y Montagnini 1999, Piotto 2001, Piotto *et al.* 2002, 2003a, 2003b). El Cuadro 2 muestra, para un grupo de especies nativas promisorias para la reforestación, los turnos estimados y volúmenes esperados; hay que reconocer, sin embargo, que para la mayoría de las especies nativas no se conocen aún los turnos de corta comercial.

Crecimiento y biomasa en plantaciones mixtas y puras

Las plantaciones mixtas bien planificadas proveen productos más diversos que las plantaciones puras, lo que ayuda a disminuir los riesgos ante la inseguridad de los mercados, disminuir la incidencia y severidad de ataque de ciertas plagas y complementar el uso de recursos del ecosistema, entre otros beneficios (Wormald 1992, Montagnini *et al.* 1995). En rodales mixtos y puros ubicados en tres plantaciones experimentales en la Estación Biológica La Selva, región húmeda del Atlántico de Costa Rica, se ha medido anualmente por aproximadamente 12 años, el crecimiento y la producción de biomasa aérea de doce especies nativas:

■ Plantación 1:

Jacaranda copaia, *V. guatemalensis*, *C. brasiliense* y *Stryphnodendron microstachyum*.

■ Plantación 2:

T. amazonia, *D. panamensis*, *V. koschnyi* y *Paraserianthes guachapele*

■ Plantación 3:

H. alchorneoides, *Balizia elegans*, *Genipa americana* y *V. ferruginea*.

En la Plantación 1, a los 12 años de edad, la mezcla de especies mostró la mayor productividad volumétrica, estadísticamente superior a las especies en plantaciones puras. Esa alta productividad volumétrica se relaciona estrechamente con el elevado número de árboles por hectárea y el buen crecimiento en altura y diámetro de las especies en plantaciones mixtas. Entre las especies en parcelas

puras, se destacan por su crecimiento *V. guatemalensis* y *J. copaia*. (Figura 1). En la Plantación 2, *V. koschnyi*, *T. amazonia* y la mezcla de especies presentaron el mayor crecimiento volumétrico. Las parcelas con mayor productividad a los nueve años en la plantación 3 fueron las de *V. ferruginea*, seguido por la mezcla de *B. elegans*, *H. alchorneoides* y *G. americana* (Piotto *et al.* 2003a, 2003b).

Cuadro 2.

Turnos de corta y volúmenes en pie esperados por especie y por hectárea

Especies	Turno estimado (años)	Volumen esperado (m ³ /ha)
<i>Terminalia amazonia</i> (roble coral)	25	168
<i>Dipteryx panamensis</i> (almendro)	40	303
<i>Hyeronima alchorneoides</i> (pilón)	25	175
<i>Calophyllum brasiliense</i> (cedro María)	40	190
<i>Vochysia guatemalensis</i> (chancho)	20	255
<i>Vochysia ferruginea</i> (botarrama)	25	198
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	35	180
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)	30	168
<i>Cordia alliodora</i> (laurel)	20	140

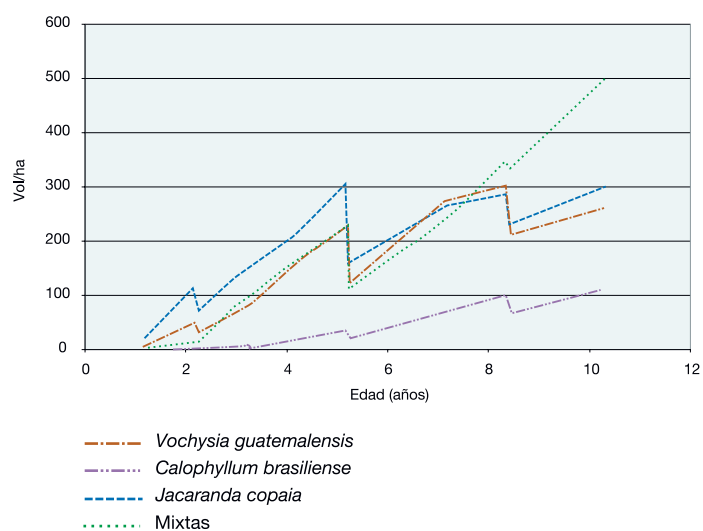


Figura 1. Crecimiento en volumen para especies forestales nativas en plantación pura y mixta

En mediciones de biomasa de raleos realizadas a los seis años de edad en la Plantación 1, las parcelas puras de *V. guatemalensis* tuvieron la mayor cantidad de biomasa (91,2 Mg/ha), seguidas por la plantación mixta de 4 especies (90,1 Mg/ha), *J. copaia* y *C. brasiliense* (Figura 2) (Shepherd y Montagnini 2001). En la Plantación 2, la mayor cantidad de biomasa total por hectárea se encontró en la plantación mixta de 4 especies, seguida por *D. panamensis*, *T. amazonia* y *V. koschnyi* (Shepherd y Montagnini 2001). En la Plantación 3, *H. alchorneoides* en mixtas tuvo la mayor biomasa, seguida por *V. ferruginea*. Aparentemente en condiciones mixtas, con menor competencia intra-específica, los árboles de las especies de este estudio tienen mayor espacio para crecer en diámetro (Montagnini *et al.* 1995, Montagnini y Porras 1998).

Las plantaciones mixtas, si son planificadas considerando la respuesta de cada especie, pueden producir más madera que si la misma área de terreno se plantara con parcelas puras. Además, el uso de especies de crecimiento rápido y lento en la misma plantación tiene la ventaja de producir madera en diferentes rotaciones, con productos de cosecha más rápida pero de menor precio, y otros más lentos pero de mayor valor de mercado.

Función de las plantaciones en la recuperación de pastos degradados

Desde 1987 se está llevando a cabo un programa de investigación para desarrollar alternativas para la rehabilitación y uso de tierras abandonadas en la región baja y húmeda del Atlántico en Costa Rica. El área experimental está ubicada en la Estación Biológica La Selva. La fertilidad del suelo fue medida bajo plantaciones puras de cuatro especies forestales nativas de buen crecimiento y buena productividad en terrenos degradados: (*Stryphnodendron*

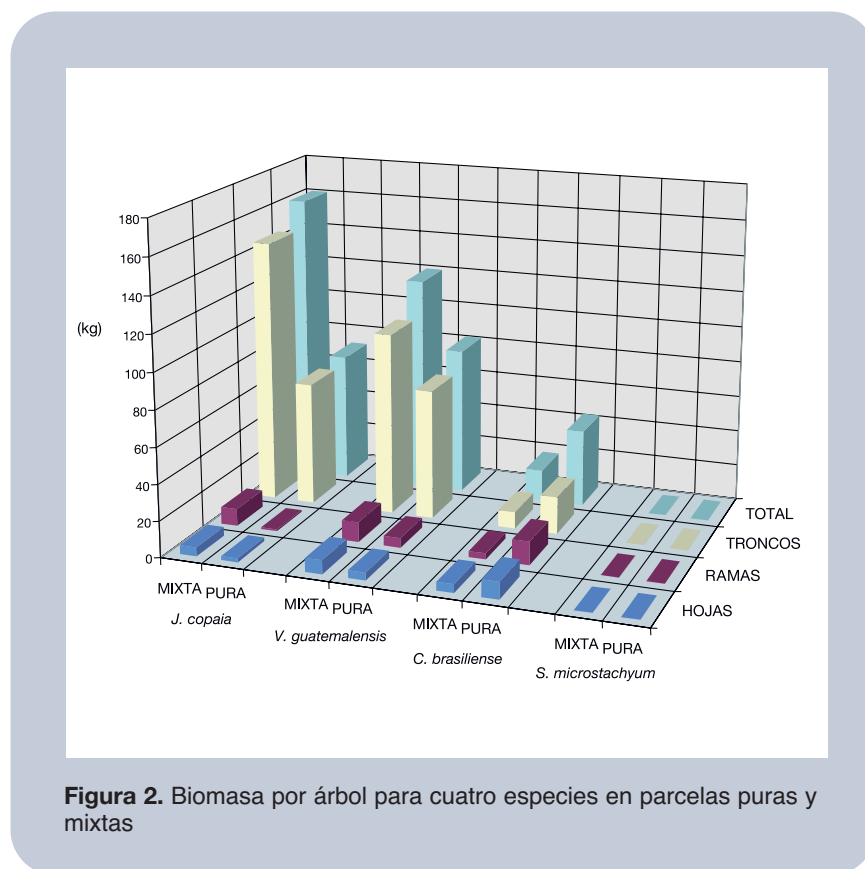


Figura 2. Biomasa por árbol para cuatro especies en parcelas puras y mixtas

microstachyum (sinón: *excelsum*), *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis* (sinón: *hondurensis*) e *Hyeronima alchorneoides*). Los resultados mostraron que cuando los árboles alcanzaron los 2,5 años de edad, las condiciones del suelo habían mejorado en comparación con los pastizales abandonados: en los 15 cm superiores, los contenidos de nitrógeno total del suelo y materia orgánica eran mayores bajo cobertura arbórea que bajo pastos, con valores cercanos a los encontrados en un bosque adyacente de 20 años de edad. Los valores más altos de materia orgánica, N total, Ca y P extraíble se encontraron bajo *V. ferruginea*, abundante en bosques secundarios de la región (Montagnini y Sancho 1990a, b). Otros efectos incluyen el incremento del contenido del Ca y Mg extraíble en el suelo a niveles cercanos a los aceptables para la agricultura convencional en la re-

gión. Resultados similares fueron obtenidos en los tres años subsiguientes (Montagnini y Sancho 1994).

En estos suelos, la materia orgánica fue responsable de la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico (Montagnini y Sancho 1990a, b): basado en la relación entre la materia orgánica del suelo y la suma de bases (Ca+Mg+K), un incremento de 1-2% en el contenido de materia orgánica del suelo en el rango de 4-6% resultó en un incremento de más del doble en el contenido de bases. La materia orgánica del suelo tuvo también influencias positivas sobre las propiedades físicas: la densidad aparente del suelo fue menor (menos compactación) mientras que el contenido de humedad fue mayor bajo cobertura arbórea que bajo pastos (Montagnini y Mendelsohn 1997).

Contribución de las plantaciones forestales a la conservación y recuperación de la biodiversidad

En La Estación Biológica La Selva, estudios de diversidad vegetal bajo cobertura de especies forestales sugieren que las plantaciones presentan un buen potencial para acelerar los procesos de recuperación de la biodiversidad (Guariguata *et al.* 1995, Powers *et al.* 1997, Carnevale y Montagnini 2000, Cusack y Montagnini 2004). En la Plantación 1, a los siete años de edad, se encontró mayor abundancia de individuos (tanto arbóreos como otras formas de vida) bajo *V. guatemalensis*, plantación mixta y *C. brasiliense*. Estos resultados coinciden con las experiencias de Powers *et al.* (1997) en La Selva, quienes encontraron que plantaciones de *V. guatemalensis* y *V. ferruginea* contribuyeron con la supresión temprana del pasto y atrajeron gran cantidad de dispersores.

En la Plantación 2, a los siete años, *T. amazonia*, *V. koschnyi* y la plantación mixta tuvieron la mayor cantidad de especies arbóreas en el sotobosque. En la Plantación 3, a la misma edad, el mayor número de especies arbóreas se encontró bajo la plantación mixta, seguida por las plantaciones puras de *H. alchorneoides* y *V. ferruginea*. Las diferentes especies de las plantaciones arbóreas generaron condiciones distintas de sombra y acumulación de hojarasca, determinantes en la abundancia de individuos reclutados y la de los sobrevivientes (adultos). La selección de las especies que se usen como promotoras de la restauración del bosque influirá en el porcentaje de individuos que permanecerán en cada etapa de la regeneración (colonización, establecimiento, crecimiento, sobrevivencia) (Carnevale y Montagnini 2000, 2002).

Estimulación a la reforestación con especies nativas mediante la asignación de incentivos fiscales

Los resultados de estas investigaciones sugieren que las plantaciones forestales con especies nativas pueden cumplir una función social y económica, pues ofrecen productos arbóreos y contribuyen a la rehabilitación de áreas degradadas, a la absorción de carbono atmosférico y a la recuperación de la biodiversidad. Políticas adecuadas de los gobiernos son necesarias para promover -por medio de incentivos u otras medidas- la reforestación de áreas degradadas con el uso de sistemas diseñados para estos objetivos múltiples. Se sugiere que se estimule el establecimiento y mantenimiento de plantaciones con especies nativas, siguiendo los modelos hasta el momento exitosos. En forma concreta, se sugiere aplicar el modelo de incentivos para la reforestación utilizado en Costa Rica, el que hasta el momento ha mostrado resultados prometedores.


Además, es necesario favorecer el establecimiento de nuevas plantaciones, así como el mantenimiento de las ya establecidas, asignando montos anuales por hectárea a los agricultores comprometidos con el proceso. Los mecanismos de asignación de incentivos deben ser controlados por los servicios forestales correspondientes, pero se recomienda que organizaciones no gubernamentales brinden asesoría a los agricultores en cuanto a la escogencia de especies y aspectos técnicos del establecimiento y manejo de las plantaciones. Finalmente, se sugiere dar énfasis a la utilización de especies nativas en los proyectos de reforestación favorecidos con incentivos.

Conclusiones

Para la rehabilitación de ecosistemas en sitios tropicales húmedos, es imprescindible contar con información sobre las tasas de crecimiento de los árboles, composición química del suelo y biomasa y contenido de nutrimentos de la hojarasca, para el diseño y manejo a largo plazo de sistemas forestales sustentables.

Las plantaciones mixtas, si son planificadas considerando la respuesta de cada especie, pueden producir mayor volumen maderable que si la misma área de terreno se plantara con parcelas puras. El uso de especies de crecimiento rápido y lento en la misma plantación tiene la ventaja adicional de producir madera en diferentes rotaciones, con productos de cosecha más rápida pero de menor precio, y otros más lentos pero de mejor valor de mercado.

En varias plantaciones estudiadas, la regeneración arbórea en el sotobosque fue más exitosa bajo plantaciones forestales que en potreros abandonados. Las plantaciones mixtas dieron buenos resultados en la recuperación de la biodiversidad.

Es necesario que los gobiernos implementen políticas adecuadas para promover, por medio de incentivos u otras medidas, la reforestación de áreas degradadas con el uso de sistemas diseñados para estos objetivos múltiples. Se sugiere que se establezcan incentivos para la reforestación, se estimule el establecimiento y mantenimiento de plantaciones con especies nativas y se adopten modelos exitosos, como el que se presenta en este trabajo. 

Literatura citada

- Butterfield, RP; Espinoza, M. 1995. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests* 9: 135-145.
- Byard, R; Lewis, KC; Montagnini, F. 1996. Leaf litter decomposition and mulch performance from mixed and monospecific plantations of native tree species in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 58:145-155.
- Campos, JJ; Ortiz, R. 1999. Capacidad y riesgos de actividades forestales en el almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad en fincas privadas del área central de Costa Rica. IV Semana Científica: "Logros de la Investigación para el Nuevo Milenio". 6-9 de abril de 1999. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Programa de Investigación. pp. 291-294.
- Carnevale, NJ; Montagnini, F. 2000. Facilitamiento de la regeneración de bosques secundarios por plantaciones de especies nativas. *Yvyrareta (Argentina)* 10:21-26.
- 2002. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. *Forest Ecology and Management* 163: 217-227.
- Chambers, R; Leach, M. 1990. Trees as savings and security for the rural poor. *Unasylva* 41: 39-52.
- Cusack, D; Montagnini, F. 2004. The Role of Native Species Plantations in Recovery of Understorey Diversity in Degraded Pasturelands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 188: 1-15.
- Evans, J. 1999. Planted forests of the wet and dry tropics: their variety, nature and significance. *New Forests* 17: 25-36.
- González, E; Fisher, R. 1994. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70, 159-167.
- Guariguata, MR; Rheingans, R; Montagnini, F. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3(4): 252-260.
- Haggar, JP; Briscoe, CB; Butterfield, RP. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 106: 195-203.
- Horn, N; Montagnini, F. 1999. Litterfall, litter decomposition and maize bioassay of mulches from four indigenous tree species in mixed and monospecific plantations. *International Tree Crops Journal* 10: 37-50.
- Kershner, R; Montagnini, F. 1998. Leaf litter decomposition, litterfall and effects of leaf mulches from in mixed and monospecific plantations in Costa Rica. *Journal of Sustainable Forestry* 7 (3/4): 95-118.
- Lamb, D. 1998. Large scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6(3): 271-279.
- Montagnini, F; Sancho, F. 1990a. Impacts of native trees on tropical soils: a study in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Ambio* 19(8):386-390.
- 1990b. Influencia de seis especies de árboles nativos sobre la fertilidad del suelo en una plantación experimental en la llanura del Atlántico en Costa Rica. *Yvyrareta (Argentina)* 1(1):29-49.
- 1994. Above-ground biomass and nutrients in young plantations of four indigenous tree species: implications for site nutrient conservation. *Journal of Sustainable Forestry* 1(4): 115-139.
- González, EJ; Porras, C; Rheingans, R. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: A comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.
- Mendelsohn, R. 1997. Managing forest fallows: improving the economics of swidden agriculture. *Ambio* 26(2): 118-123.
- Porras, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: An example of an integrating approach from the humid tropics. *Environmental Management* 22: 459-470.
- Parrotta, JA. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:115-133.
- Piotto, D. 2001. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua: comportamiento de las especies y preferencias de los productores. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Montagnini, F; Ugalde, L; Kanninen, M. 2002. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua: comportamiento de las especies y preferencias de los productores. *Revista Forestal Centroamericana (CR)* 38: 59-66.
- Montagnini, F; Ugalde, L; Kanninen, M. 2003a. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 177: 427-439.
- 2003b. Performance of forest plantations in small and medium sized farms in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 175: 195-204.
- Powers, JS; Haggar, JP; Fisher, R F. 1997. The effect of understorey composition on understorey woody regeneration and species richness in 7- year old plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 99: 43-54.
- Russo, RO. 1998. Análisis macroeconómico del Programa de Reforestación de la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH). Guácimo, Limón, Costa Rica. Curso de Silvicultura Tropical, EARTH.
- Shepherd, D; Montagnini, F. 2001. Carbon Sequestration Potential in Mixed and Pure Tree Plantations in the Humid Tropics. *Journal of Tropical Forest Science* 13(3): 450-459.
- Ugalde Arias, L. (ed) 1997a. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Panamá. Turrialba, CR, CATIE. 113 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 293).
- (ed) 1997b. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Guatemala. Turrialba, CR, CATIE. 303 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 287).
- (ed) 1997c. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. 175 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 292).
- (ed) 1997d. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 162 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 290).
- (ed) 1997e. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en El Salvador. Turrialba, CR, CATIE. 189 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 291).
- (ed) 1997f. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Honduras. Turrialba, CR, CATIE. 179 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 288).
- Wadsworth, FH. 1997. Forest Production for Tropical America. Washington, United States Department of Agriculture Forest Service. *Agriculture Handbook* 710.
- Wormald, TJ. 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Forestry Paper* 103. 152 p.