
¿PUEDEN LAS PLANTACIONES FORESTALES ACTUAR COMO CATALIZADORAS DE LA SUCESIÓN SECUNDARIA?

Florencia Montagnini¹

RESÚMEN

Estudios de diversidad vegetal bajo cobertura de especies forestales en varias regiones del mundo sugieren que las plantaciones presentan un buen potencial para acelerar los procesos de recuperación de la biodiversidad. La falta de agentes dispersores de semillas puede ser un impedimento importante para la regeneración de bosques en áreas de pastos abandonados. Las plantaciones forestales pueden facilitar la sucesión secundaria atrayendo agentes dispersores de semillas de bosques cercanos y creando un microclima que suprime la vegetación agresiva y favorece la germinación y crecimiento de especies forestales.

Las plantaciones mixtas proveen productos más diversos que las plantaciones puras, disminuyendo los riesgos de mercado y protegiendo contra el ataque de ciertas plagas. En este trabajo se presenta resultados de estudios sobre la recuperación de la biodiversidad en terrenos de pastos abandonados que fueron plantados con especies forestales nativas, en parcelas puras y mixtas ubicadas en la Estación Biológica La Selva, región húmeda del Atlántico de Costa Rica. A los siete años de edad, se encontró mayor abundancia de individuos de especies arbóreas en el sotobosque de plantaciones puras de *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Terminalia amazonia*, *Virola koschnyi*, *Hyeronima alchorneoides* y *Vochysia ferruginea*. Las plantaciones mixtas también tuvieron buenos resultados, comparables con los de las plantaciones puras de las especies que más favorecieron la regeneración natural arbórea. En contraste, las áreas de parcelas control de pastos abandonados, donde no se plantó árboles, mantuvieron vegetación baja dominada por pastos y helechos.

Se realizó posteriormente (12-13 años de edad) un estudio de lluvia de semillas y sus agentes dispersores en las mismas plantaciones experimentales. La mayor abundancia de semillas se encontró en parcelas puras de *Balizia elegans* (5.522) seguido de *Dipteryx panamensis* (2.263), *Jacaranda copaia* (2.091) y la menor abundancia se dio en *Calophyllum brasiliense* (56) y parcelas de regeneración natural. La mayor densidad de riqueza de especies de semillas se dio en *Jacaranda copaia* y *Hyeronima alchorneoides*, y la menor en la regeneración natural. Los tratamientos de regeneración natural presentaron más semillas dispersadas por viento que los tratamientos de plantaciones donde los dispersores fueron

¹Yale University School of Forestry and Environmental Studies, 370 Prospect Street, New Haven, CT 06511, USA, email: florencia.montagnini@yale.edu

principalmente las aves y los mamíferos. Las especies de semillas más abundante fueron *Miconia* spp. (14.492), *Psychotria bracheata* (2.363), y especies de familia *Poaceae* (1.346), todas de estados tempranos de sucesión.

Las diferentes especies de las plantaciones arbóreas generan condiciones distintas de sombra y acumulación de hojarasca, determinantes de la abundancia de individuos reclutados y sobrevivientes a adultos. La selección de las especies promotoras de la restauración del bosque influirá en el porcentaje de individuos que permanecerán en cada etapa de la regeneración (colonización, establecimiento, crecimiento, sobrevivencia). Los resultados sugieren que las plantaciones pueden servir para catalizar o acelerar la sucesión natural, pero aún es incierto hasta qué punto la composición de especies se asemeja a los bosques maduros de la región. El presente estudio se realizó en plantaciones cuya edad de corte se estima en 15-25 años dependiendo de las especies. Estudios posteriores pueden verificar si la composición de especies favorecidas por las plantaciones es similar al de estados maduros de la sucesión natural en la región.

Palabras claves: Plantaciones, bosques naturales, regeneración natural.

CAN TREE PLANTATIONS SERVE AS CATALIZERS OF SECONDARY FOREST SUCCESSION?

SUMMARY

Several studies of plant regeneration in the understory of plantations worldwide suggest that plantations can contribute to catalize or accelerate processes of recovery of biodiversity in degraded lands. Lack of seed dispersal can be an important obstacle to natural forest regeneration in degraded pastures. Tree plantations can facilitate secondary forest succession by ameliorating microsite conditions, suppressing aggressive vegetation, attracting seed dispersal agents from nearby forests, and favoring germination and growth of tree seedlings. Mixed plantations provide more diverse products than pure plantations, decreasing market risks and protecting against pests.

In this article, results are shown of studies on recovery of biodiversity in areas of abandoned pastures that were planted with native tree species in pure and mixed plantations at La Selva Biological Station in the humid lowlands of Costa Rica. At seven years of age, the greatest abundance of individuals of tree species was found in the understory of pure plantations of *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Terminalia amazonia*, *Virola koschnyi*, *Hyeronima alchorneoides* and *Vochysia ferruginea*. The mixed plantations also gave good results, comparable to those of the most successful species in pure plots. In contrast, the control areas of abandoned grasses with no trees kept a low stature vegetation dominated by grasses and ferns.

A study of seed rain and their dispersal agents conducted later (12-13 years of age) in the same experimental setting showed that pure plantations of *Balizia elegans* (5,522), *Dipteryx panamensis* (2,263), and *Jacaranda copaia* (2,091) had the greatest total seed abundance; treatments with the least total seed abundance were *Calophyllum brasiliense* (56), and non-planted abandoned pasture control. Plantations of *Jacaranda copaia* and *Hyeronima alchorneoides* had the greatest seed species richness density, while the lowest seed species richness was found in the control treatments. The natural regeneration plots had more seeds dispersed by wind, while in the plantations the most important dispersal agents were birds and mammals. The most abundant seeds were those of *Miconia* spp. (14,492), *Psychotria bracheata* (2,363), and the *Poaceae* family (1,346), all species from early successional stages.

The different plantation species generate different conditions of shade and accumulation of leaf litter, which can determine the abundance of individuals that are recruited and those that survive to adults. The selection of species to be used to promote forest restoration influences the proportion of individuals that will persist in each stage of regeneration (colonization, establishment, growth, survival). The results suggest that native species plantations can accelerate or catalyze secondary forest succession, but it is still unknown as to what point they can promote the establishment of species of more advanced stages of succession. The current study took place in plantations whose rotation cycle is estimated to be 15-25 years depending on the species. Subsequent studies can verify whether the forest species composition favored by plantations approximates more mature stages of natural forest succession in the region.

Key words: Plantations, native forests, regeneration.

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales pueden brindar múltiples beneficios tales como producción de madera, protección del suelo, captura de carbono atmosférico y protección de cuencas hidrográficas. Además, el uso de plantaciones con especies nativas mono-específicas o mixtas puede desempeñar un papel importante en la recuperación de suelos y la estructura y diversidad florística de ecosistemas tropicales degradados (Lugo, 1992; Montagnini y Sancho, 1990a, 1990b; Guariguata *et al.*, 1995; Parrotta, 1992, 1995; Parrotta *et al.*, 1997).

Los principales factores limitantes para la regeneración en pastizales abandonados en regiones de bosque húmedo tropical pueden incluir escasez de nutrientes, niveles altos de compactación del suelo, falta o exceso de humedad en el suelo, elevada radiación solar y competencia intra e interespecífica (Nepstad *et al.*, 1991). Además, otro elemento limitante crítico es la disponibilidad de semillas, especialmente en sitios cuyo tamaño o distancia de fuentes semilleras pueda limitar la dispersión de propágulos.

Numerosos estudios realizados en plantaciones de especies nativas y exóticas han demostrado que en el sotobosque de las plantaciones se puede encontrar una gran diversidad de especies (Guariguata, *et al.* 1995; Keenan *et al.*, 1999; Cusack y Montagnini, 2004; Parrotta y Turnbull, 1997; Powers *et al.*, 1997). Por ejemplo, en el sudeste asiático Jussi *et al.* (1995) encontraron una emergencia espontánea y rápida de especies arbóreas indígenas bajo plantaciones de especies forestales exóticas. Asimismo, en el sur del Brasil Da Silva Junior *et al.* (1998) encontraron en una plantación de *Eucalyptus grandis* con 10 años de edad comunidades de plantas nativas de una etapa avanzada de sucesión. En Puerto Rico, bajo el dosel de plantaciones de la especie exótica *Albizia lebbek* se encontró 22 especies de árboles y arbustos, en comparación con una sola especie en parcelas control sin plantar (Parrotta, 1992). Por otro lado, en el norte de Queensland, Australia, se encontró mayor diversidad de especies en el sotobosque de plantaciones de especies nativas que en las de especies exóticas (Keenan *et al.*, 1999). En la Estación Biológica La Selva, Costa Rica, resultados de algunos estudios sugieren también que las plantaciones con especies nativas presentan un buen potencial para acelerar los procesos de recuperación de la biodiversidad en suelos degradados (Guariguata *et al.*, 1995; Powers *et al.*, 1997; Montagnini, 2001).

Las plantaciones mixtas podrían promover la regeneración de una mayor diversidad de especies en su sotobosque que las plantaciones puras, al crear una mayor variabilidad de condiciones de hábitat y de microclima que favorezcan a los dispersores y a la adaptabilidad de especies para la germinación y crecimiento (Guariguata *et al.*, 1995; Carnevale y Montagnini, 2000, 2002; Cusack y Montagnini, 2004; Montagnini, 2001). Las distintas especies de las plantaciones pueden influir de manera diferencial en las condiciones que crean para la regeneración natural, de manera que es importante estudiar estos efectos en plantaciones compuestas por distintas especies. En el presente trabajo se informa sobre la regeneración arbórea bajo plantaciones de nueve especies nativas mixtas y puras de siete años de edad, en la Estación Biológica La Selva, ubicada en la región de bosque húmedo tropical en la zona Atlántica de Costa Rica. Asimismo se presenta resultados de otro trabajo posterior, que tuvo como objetivo estimar la abundancia y riqueza de especies de semillas y conocer cuáles



son sus principales agentes dispersores, en los mismos tratamientos de parcelas con especies nativas puras, mixtas y de regeneración natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

Estas investigaciones fueron realizadas en la Estación Biológica La Selva, ubicada en la vertiente Atlántica de Costa Rica (10° 26' N, 86° 59' O). La temperatura media anual es de 24 °C con una precipitación media anual de 4000 mm. En la década de los años 1950 los terrenos del área experimental utilizada para este estudio fueron deforestados y posteriormente utilizados para la producción de arroz por un periodo de 5 años. Seguidamente el área fue quemada para dar paso a la siembra de pasto con fines de producción ganadera hasta 1981. Los terrenos permanecieron abandonados hasta 1991, momento en el cual se comenzó con el establecimiento de tres plantaciones experimentales de especies nativas, mixtas y puras, con el fin de realizar estudios de crecimiento, productividad y reciclaje de nutrientes (Montagnini *et al.*, 1995).

Diseño de las Plantaciones

Para cada una de las tres plantaciones se combinó cuatro especies arbóreas de las cuales al menos una era fijadora de nitrógeno. Asimismo se combinó especies de crecimiento rápido y especies de crecimiento relativamente lento en cada una de las tres plantaciones. Además las especies fueron combinadas para obtener diferentes patrones de ramificación, tamaño y forma de la corona (Montagnini *et al.*, 1995). Las tres plantaciones fueron diseñadas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela era de 32 m x 32 m, con una densidad inicial de 2 m x 2 m, y a los seis años de establecidas fueron raleadas a 4 m x 4 m. Cada plantación está compuesta por seis tratamientos; cuatro especies en parcelas puras, una mezcla de las cuatro especies y un tratamiento de regeneración natural o control. Uno de los tratamientos en cada plantación tuvo una alta mortalidad por ende estos no fueron muestreados. Los tratamientos evaluados en la plantación 1 fueron *Vochysia guatemalensis* (VG), *Calophyllum brasiliense* (CB), *Jacaranda copaia* (JC), parcelas mixtas de estas tres especies (PM), y parcelas de regeneración natural de pastos abandonados (RN). En la plantación 2 los tratamientos estudiados fueron *Dipteryx panamensis* (DP), *Terminalia amazonia* (TA), *Virola koschnyi* (VK), PM y RN. En la tercera plantación los tratamientos evaluados fueron *Balizia elegans* (BE), *Hyeronima alchorneoides* (HA) y *Vochysia ferruginea* (VF), PM y RN.

Evaluación de la Regeneración Arbórea

En cada parcela se ubicó al azar (desechando los bordes) dos subparcelas, cada una de 4 m x 4 m, en consecuencia dando un área total de muestreo de 32 m² para cada tratamiento. En cada subparcela se identificó todas las especies arbóreas en regeneración. Se contabilizó todos los individuos de cada especie, y se separó en tres clases según la altura: Clase 1: 15 cm -1 m, Clase 2: 1,05 - 2 m, Clase 3: >2 m. La identificación de las especies se realizó en el herbario de la Estación Biológica La Selva.

Evaluación del Grado de Sombreado y Espesor de la Hojarasca

Para cada sub-parcela, se utilizó la escala de sombreado propuesta por Powers *et al.* (1997) con el propósito de relacionar la regeneración arbórea con la luz incidente en el sotobosque. Dicha escala fija valores de 1 a 4, de acuerdo a la estimación visual del lugar que se considere: 1. Luz plena directa; 2. Luz difusa; 3. Luz oblicua; 4. Sombreado completo. Para medir el espesor de la hojarasca del piso se tomó cuatro puntos al azar dentro de cada subparcela y se midió la profundidad de la misma con una cinta métrica graduada en cm (Carnevale y Montagnini, 2000; 2002)

Muestreo de Semillas

Para la estimación de la lluvia de semillas en cada tratamiento y repetición se colocó una trampa de 1 m² a una altura de 1 m en el centro de cada parcela (Orozco Zamora y Montagnini, 2006^a; 2006b). Las trampas tenían un fondo de tela de cedazo con apertura de 2 mm x 2 mm. La recolección de las semillas se realizó cada 15 días, de junio a diciembre de 2004. Las muestras fueron colocadas en bolsas de papel y llevadas a un horno de secado a una temperatura de 65 °C por tres días. Las semillas fueron separadas con el uso de tamices de diferentes tamaños. Luego se separó las semillas por especie, contabilizando su cantidad por tratamiento. Seguidamente se identificó las especies de cada semilla en la Estación Biológica La Selva. Asimismo se identificó tanto el síndrome de dispersión como el tipo de función ecológica y paisaje en los cuales estas especies se encuentran más frecuentemente, usando literatura existente y bases de datos de la Estación Biológica la Selva.

RESULTADOS

Regeneración de Especies Arbóreas en el Sotobosque de Plantaciones de Especies Nativas

A los siete años de edad, se encontró mayor abundancia de individuos de especies arbóreas en el sotobosque de plantaciones puras de *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Terminalia amazonia*, *Virola koschnyi*, *Hyeronima alchorneoides* y *Vochysia ferruginea*. (Carnevale y Montagnini, 2000; 2002; Cusack y Montagnini, 2004; Montagnini *et al.*, 2005) (Cuadro N° 1 y Figura N° 1). Las plantaciones mixtas también tuvieron buenos resultados, comparables con las de las plantaciones puras de las especies que más favorecieron la regeneración natural arbórea. En contraste, las áreas de parcelas control de pastos abandonados, donde no se plantó árboles, mantuvieron vegetación baja dominada por pastos y helechos.

Cuadro N° 1
PROMEDIOS DE ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS ARBÓREOS POR TRATAMIENTO
PLANTACIÓN 1, 2 Y 3 A LOS 7 AÑOS DE EDAD DE LAS PLANTACIONES

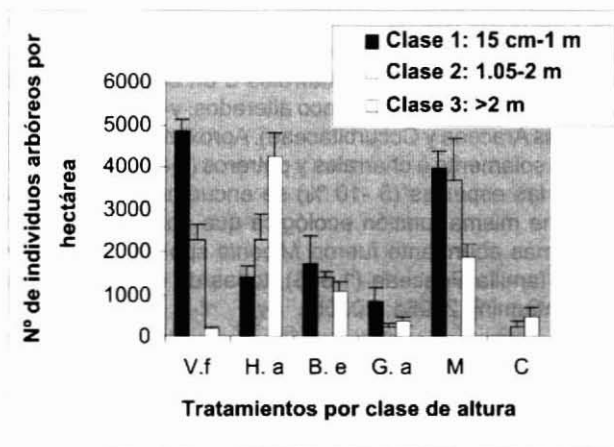
Plantación 1		
Tratamiento	N° Individuos/32 m²	N° Individuos/ha
<i>Vochysia guatemalensis</i>	90	28 125
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	78	24 375
Jacaranda copaia	57	17 812
Mixta 3 especies	88	27 500
Regeneración natural	29	8 937

Plantación 2		
<i>Virola koschnyii</i>	38	11 875
<i>Dypterix panamensis</i>	18	5 625
<i>Terminalia amazonia</i>	88	27 500
Mixta 3 especies	34	10 625
Regeneración natural	14	4 375

Plantación 3		
<i>Vochysia ferruginea</i>	18	5 703
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	25	7 891
<i>Balizia elegans</i>	13	4 219
Mixta 3 especies	32	10 156
Regeneración natural	2	703

Datos tomados de Carnevale y Montagnini (2000; 2002) y Cusack y Montagnini (2004)

Es interesante examinar la regeneración arbórea por clases de alturas, lo cual indica la sobrevivencia y posibilidad de establecerse en el sitio a largo plazo. Los resultados de la Plantación 3 sirven para ilustrar este aspecto. En este caso se encontró que el mayor número de individuos arbóreos regenerados correspondientes a la Clase 2 (1,05 m - 2 m de altura), se encontró bajo la plantación mixta, seguida de *V. ferruginea* y *H. alchorneoides*, y con promedios significativamente menores, *P. elegans* y regeneración natural (Figura N° 1). Para la Clase 3 (> 2 m) el mayor número de individuos arbóreos se encontró bajo *H. alchorneoides* (4219) (Figura N° 1) (Carnevale y Montagnini, 2000; 2002).



(Fuente: Carnevale y Montagnini, 2000)

M : Mixta

C : Control regeneración natural

Vf : *Vochysia ferruginea*

Ha : *Hyeronima alchorneoides*

Be : *Balizia elegans*

Ga : *Genipa americana* (Descartada después por elevada mortalidad)

Figura N° 1

NÚMERO DE INDIVIDUOS ARBÓREOS REGENERADOS EN CADA TRATAMIENTO, POR CLASE DE ALTURA PLANTACION 3

Abundancia y Dispersión de Semillas

La mayor abundancia de semillas se encontró en parcelas puras de *Balizia elegans* (5.522), seguido de *Dipteryx panamensis* (2.263), *Jacaranda copaia* (2.091) y la menor abundancia se dio en *Calophyllum brasiliense* (56) y parcelas de regeneración natural (Orozco Zamora y Montagnini, 2006a; 2006b). La mayor densidad de riqueza de especies de semillas se dio en *Jacaranda copaia* y *Hyeronima alchorneoides*, y la menor en la regeneración natural.

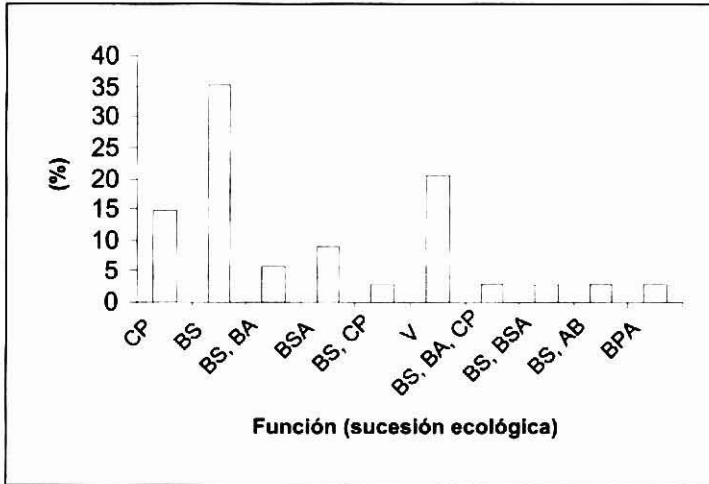
Los tratamientos de regeneración natural presentaron más semillas dispersadas por viento que los tratamientos de plantaciones donde los dispersores fueron principalmente las aves y los mamíferos (Cuadro N° 2). Es importante tener en cuenta que muchas semillas poseen más de un agente dispersor, como aves y mamíferos en el caso de semillas de las especies de *Miconia sp*, *Dendropanax arboreo*, *Cecropia obtusifolia*, *Cucurbitaceae*, *Rollinia pittieri*, entre otras, de las cuales hubo 15.040 semillas con este agente dispersor (Cuadro N° 2). En los tratamientos de regeneración natural la mayoría de las semillas son dispersadas por viento como es el caso de *Aristolochia sprecia* y especies que pertenecen a la familia de las Poaceae o pastos.

Del total de las especies de semillas obtenidas el 35% fueron de bosque secundario (*Renealmia alpinia*, *Psychotria bracheata*, *Palicourea guianensis*, entre otras) (Figura N° 2). El 20% de las especies de semillas tuvo una función ecológica o ubicación en el paisaje muy variada, ya que se pueden encontrar en charrales o en bosques secundarios avanzados, bosques riparios, áreas abiertas, bosques poco alterados, y otras funciones (ejemplos, *Ficus*, y especies de las familias Araceae y Cucurbitaceae). Aproximadamente el 15% de las especies de semillas pertenecen solamente a charrales y potrerros (ejemplo, semillas de pastos, familia Poaceae). El resto de las especies (5 -10 %) se encuentran entre una a tres categorías, todas compartiendo una misma función ecológica que son los bosques secundarios. Las especies de semillas más abundante fueron *Miconia* spp. (14.492), *Psychotria bracheata* (2.363) y especies de familia Poaceae (1.346), todas de estados tempranos de sucesión (Orozco Zamora y Montagnini, 2006a; 2006b).

Cuadro N° 2
PORCENTAJE DE DISPERSIÓN POR TRATAMIENTO PARA LAS TRES PLANTACIONES DE
ESPECIES NATIVAS

Tratamiento	Categorías de agentes dispersores						Total %
	Aves (%)	Mamíferos (%)	Viento (%)	Mamíferos y aves (%)	Mamíferos, aves y viento (%)	Otros (%)	
<i>Jacaranda copaia</i>	0	2	8	71	14	6	100
<i>Calophyllum brasiliense</i>	12	-	-	64	10	14	100
<i>Vochysia guatemalensis</i>	94	-	1	-	3	2	100
Mixta 1	13	-	-	79	-	7	100
Regeneración natural 1	80	1	-	-	10	10	100
<i>Terminalia amazonia</i>	-	-	-	99	-	1	100
<i>Virola koschnyi</i>	-	-	-	98	1	1	100
<i>Dipteryx panamensis</i>	2	-	-	98	-	-	100
Mixta 2	5	-	3	88	2	3	100
Regeneración natural 2	-	-	97,7	0,3	2	-	100
<i>Balizia elegans</i>	-	-	-	100	-	-	100
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	44	-	-	49	2	4	100
<i>Vochysia ferruginea</i>	98	-	-	1	-	1	100
Mixta 3	18	0	0	79	1	2	100
Regeneración natural 3	-	-	100	-	-	-	100

(Fuente: Orozco Zamora y Montagnini, 2006a; 2006b)



(Fuente: Orozco Zamora y Montagnini, 2006a; 2006b)
 CP (charrales y potreros) BS (bosque secundario) BA (bosques alterados)
 BSA (bosque secundario avanzado) V (variado) AB (áreas abiertas)
 BPA (bosques poco alterados).

Figura N° 2

FUNCIÓN DE SUCESIÓN ECOLÓGICA PARA LAS ESPECIES DE SEMILLAS IDENTIFICADAS EN LOS TODOS TRATAMIENTOS DE SEIS MESES DE MUESTREO

DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que en la región en estudio, plantaciones puras de las especies forestales nativas *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Terminalia amazonia*, *Virola koschnyi*, *Hyeronima alchorneoides* y *Vochysia ferruginea* son altamente recomendables para favorecer la regeneración natural en el sotobosque y de esa manera actuar como catalizadoras de la sucesión natural en estas condiciones. Las plantaciones mixtas también tuvieron buenos resultados, comparables con las de las plantaciones puras de las especies que más favorecieron la regeneración natural arbórea. En contraste, las áreas de parcelas control de pastos abandonados, donde no se plantó árboles, mantuvieron vegetación baja dominada por pastos y helechos.

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. A pesar de la temprana edad de estas plantaciones, se encontró que *Jacaranda copaia*, *Terminalia amazonia* y *Dypterix panamensis* se regeneraban a sí mismas, factor favorable para la recuperación de áreas, en casos de que los agentes dispersores de otras especies arbóreas no actúan eficientemente.



En la plantación 3, la presencia del mayor número de individuos de Clase 1 bajo la plantación mixta y *V. ferruginea* indicaría que las condiciones de alto sombreado y acumulación de hojarasca de mediana a alta bajo estos tratamientos son favorables para el reclutamiento (Carnevale y Montagnini, 2000; 2002). Asimismo, para los individuos de la Clase 2, las mejores condiciones se presentaron bajo la plantación mixta. Sin embargo, para los individuos de Clase 3, el mayor número fue encontrado bajo *H. alchorneoides*. Esto sugiere que aunque la germinación pudo ser mayor bajo plantación mixta o bajo *V. ferruginea*, la sobrevivencia de las plántulas fue significativamente mayor bajo *H. alchorneoides*. Bajo *H. alchorneoides* el índice de sombreado fue mayor que en las plantaciones donde se dio el mayor reclutamiento de las plántulas y el espesor de hojarasca acumulada sobre la superficie del suelo fue de los más elevados.

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).

La mayoría de las semillas colectadas en las plantaciones corresponden a especies heliófitas o que pertenecen a bosques secundarios tempranos. Esto coincide con los resultados de investigaciones anteriores en La Selva y en la región circundante (Montagnini, 2001; Carnevale y Montagnini, 2002; Cusack y Montagnini, 2004). Aparentemente las plantaciones puras o mixtas con especies forestales nativas tienen un potencial para atraer dispersores y favorecer la regeneración natural (Guariguata *et al.*, 1995; Parrotta *et al.*, 1997; Powers *et al.*, 1997; Keenan *et al.*, 1999). Este papel puede consistir en acelerar o catalizar la sucesión secundaria, pero no se conoce hasta qué punto pueden promocionar el establecimiento de especies de estados más avanzados de sucesión. El presente estudio se realizó en plantaciones cuya edad de corte se estima en 15-25 años dependiendo de las especies (Petit y Montagnini, 2004; 2006). Estudios posteriores pueden verificar si la composición de especies favorecidas por las plantaciones es similar al de estados maduros de la sucesión natural en la región.

Los resultados de investigaciones anteriores con las mismas especies muestran que estas especies presentan crecimiento en volumen atractivo para su siembra y actualmente forman parte importante de proyectos de reforestación en fincas de agricultores en la región (Montagnini, 2005; Redondo Brenes y Montagnini, 2006; Petit y Montagnini, 2004; 2006). Algunas de estas especies tienen un buen potencial para fijar carbono (Montero y Montagnini, 2005; Redondo Brenes y Montagnini, 2006). Estas plantaciones con especies nativas incluso son en parte financiadas por el pago de servicios ambientales vigente en Costa Rica (Montagnini *et al.*, 2005; Redondo Brenes y Montagnini, 2006). Los resultados 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.

CONCLUSIONES

En las plantaciones estudiadas, y en las condiciones del sitio experimental, la regeneración arbórea fue más exitosa bajo plantaciones forestales que en potreros abandonados. En las condiciones de estos ensayos (especies y ambiente), las especies más exitosas para recuperar potreros abandonados fueron *Vochysia guatemalensis*, *Terminalia amazonia*, *Virola koschnyi*, y las plantaciones mixtas. En ciertos casos es posible que el establecimiento de la regeneración natural arbórea no dependa tanto del mejoramiento del suelo, como de otros factores tales como la dispersión de semillas y la creación de condiciones microclimáticas apropiadas. La regeneración arbórea fue mayor bajo las especies cuya caída de hojarasca y acumulación de mantillo fueron más abundantes. La producción elevada de hojarasca y acumulación de mantillo contribuyen a inhibir el crecimiento de pastos, favoreciendo así la competencia por especies arbóreas.

Este estudio concuerda con resultados de otras investigaciones en que las plantaciones favorecen la regeneración natural de especies arbóreas. Las plantaciones que presentaron mayor abundancia de lluvias de semillas y mayor riqueza para los seis meses de recolección son especies de buen crecimiento y que se utilizan en programas de reforestación en la región. Es conveniente que se siga fomentando plantaciones de estas especies nativas con los programas de pago de servicios ambientales u otros disponibles, debido a su buen crecimiento y su papel positivo en catalizar la sucesión secundaria en pastos degradados que de otra manera pueden continuar en etapas de sucesión tempranas a muy largo plazo.

REFERENCIAS

- Carnevale, N. J., y Montagnini, F., 2000.** Facilitamiento de la Regeneración de Bosques Secundarios por Plantaciones de Especies Nativas. *Yvyrareta* (Argentina) 10:21-26.
- 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: 217-227.
- 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.
- Da Silva Junior, M C; Scarano, F R.; De Souza Cardel, F., 1998.** Regeneration of an Atlantic Forest Formation in the Understorey of a *Eucalyptus grandis* Plantation in South-Eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 11.
- Guariguata, M. R.; Rheingans, R. and Montagnini, F., 1995.** Early Woody Invasion Under Tree Plantations in Costa Rica: Implications for Forest Restoration. *Restoration Ecology* 3(4): 252-260.
- Jussi, K; Goran, A; Yasuf, J; Antti, O; Kari, T. and Risto, V., 1995.** Restoration of Natural Vegetation in Degraded *Imperata cylindrica* Grassland: Understorey Development in Forest Plantations. *Journal of Vegetation Science* 6: 205-210.
- Keenan R; Lamb K; Parrotta J. and Kikkawa J., 1999.** Ecosystem Management in Tropical Timber Plantations: Satisfying Economic Conservations and Social Objectives. *Journal of Sustainable Forestry* 9: 117-134.

Lugo, A. E., 1992. Tree Plantations for Rehabilitating Damaged Forest Lands in the Tropics. In M. K. Wali, Editor. Ecosystem Rehabilitation, vol. 2: Ecosystem Analysis and Synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. p 247-255

Montagnini, F. and Sancho, F., 1990a. Impacts of Native Trees on Tropical Soils: A Study in the Atlantic Lowlands of Costa Rica. *Ambio* 19(8):386-390.

Montagnini, F. y Sancho, F., 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.

Montagnini, F.; González, E.; Rheingans, R. y Porras, C., 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.

Montagnini, F., 2001. Strategies for the Recovery of Degraded Ecosystems: Experiences from Latin America. *Interciencia* 26 (10): 498-503.

Montagnini, F., 2005. Plantaciones Forestales con Especies Nativas. Una Alternativa Para la Producción de Madera y la Provisión de Servicios Ambientales. *Revista Recursos Naturales y Ambiente (Costa Rica)* 43: 26-33.

Montagnini, F.; Cusack, D.; Petit, B. and Kanninen, M., 2005. Environmental Services of Native Tree Plantations and Agroforestry Systems in Central America. *Journal of Sustainable Forestry* 21(1) 51-67.

Montero, M and Montagnini, F., 2005. Modelos Alométricos para la Estimación de Biomasa de Diez Especies Forestales Nativas en Plantaciones en la Región Atlántica de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente (Costa Rica)* 45: 118-125.

Nepstad, D.; Uhl, C. and Serrao, E., 1991. Surmounting Barriers to Forest Regeneration in Abandoned Highly Degraded Pastures: A Case Study from Paragominas, Pará, Brasil. In A.B. Anderson (Editor) *Alternatives to Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Columbia University Press, New York. p. 215-229.

Orozco Zamora, C. and Montagnini, F. 2007a. Lluvia de Semillas y sus Agentes Dispersores en Plantaciones Forestales de Nueve Especies Nativas en Parcelas Puras y Mixtas en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente (Costa Rica)* 49: 131-140.

Orozco Zamora, C. and Montagnini, F. 2007b. Seed Rain and Seed Dispersal Agents in Pure and Mixed Plantations of Native Trees and Abandoned Pastures at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Restoration Ecology* 15(3): 453-461.

Parrotta, J. A., 1992. The Role of Plantation Forests in Rehabilitating Degraded Tropical Ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:115-133.

Parrotta, J. A., 1995. Influence of Understorey Composition on Understorey Colonization by Native Species in Plantations on a Degraded Tropical Site. *Journal of Vegetation Science*. 6: 627-636.

Parrotta, J.; Turnbull, J. and Jones, N., 1997. Catalyzing Native Forest Regeneration on Degraded Tropical Lands. *Forest Ecology Management* 99: 1-7.

Petit, B. and Montagnini, F., 2004. Growth Equations and Rotation Ages of Ten Native Tree Species in Mixed and Pure Plantations in the Humid Neotropics. *Forest Ecology and Management* 199: 243-257.

Petit, B. and Montagnini, F., 2006. Growth in Pure and Mixed Plantations of Tree Species Used in Reforesting Rural Areas of the Humid Region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management*. En prensa.

Powers, J. S.; Haggard, J. P. and Fisher, R. F., 1997. The Effect of Understory Composition on Understory Woody Regeneration and Species Richness in 7- Year Old Plantations in Costa Rica *Forest Ecology and Management* 99: 43-54.

Redondo Brenes, A. and Montagnini, F., 2006. Growth, Productivity, Biomass and Carbon Sequestration of Pure and Mixed Native Tree Plantations in the Atlantic Lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 232: 168-178.



