

Regeneración natural de plantas leñosas en una plantación costarricense de *Vochysia guatemalensis* (Vochysiaceae) y el efecto de la fertilización con P y NPK

José Fco. Di Stefano & Luis A. Fournier[†]

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, 11501-2060, San José, Costa Rica; jdistefa@cariari.ucr.ac.cr

Recibido 21-II-2007. Corregido 10-X-2008. Aceptado 18-XI-2008.

Abstract: Natural regeneration of woody species in a Costa Rican plantation of *Vochysia guatemalensis* (Vochysiaceae) and the effect of P and NPK fertilization. Forest plantation management strategies, including the selection of species, may have positive or negative effects over plant regeneration in the tropics. In this case, understory woody plants density and richness were studied in Tabarcia de Mora, Costa Rica, in a monoculture of *Vochysia guatemalensis* (ten year old plantation). Nineteen 80 m²plots, with several fertilization treatments (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/plant of P, and NPK, during the first years, P placed once at the hole) in a completely randomized factorial design, were analyzed. Afterwards, the NPK fertilizer was increased from 150 to 200 g/plant/year until the plantation was six year old. The plots, established after the coffee plantation was eliminated, had a minimum management schedule, basically the elimination of herbaceous vegetation once or twice a year during the first three years, and a tree thinning when the plantation was four year old, to increase spacing from 2x2 to 4x4 m. All woody vegetation taller than 0.5 m was tallied. A total of *circa* 10 000 ind/ha, distributed in 90 species, were found, mostly native of the region, some identified for forestry use, others important for the fauna. The majority of the species had low relative densities and frequencies. Sixteen percent of the plants reached heights greater than 2.5 m. Several factors seem to explain this regeneration pattern: a canopy with an intermediate openness, a low intensity forestry management, the nearness of the plantation to a mature forest fragment, and that the *Vochysia* plantation substituted a coffee plantation where soil conservation strategies and an annual fertilization management plan were applied. Finally, plots with only P had significantly higher species richness and abundance ($\chi^2=15.364$, $gl=3$, $p=0.002$) probably because the trees in this treatment were less developed (when compared with the others). Rev. Biol. Trop. 57 (Suppl. 1): 111-118. Epub 2009 November 30.

Key words: woody plants regeneration, forest plantation, monoculture, fertilization, succession, *Vochysia guatemalensis*, plant regeneration, Costa Rica.

En Costa Rica, así como en muchos otros países tropicales, se han promovido diversos programas de reforestación con fines comerciales o para recuperar áreas degradadas (no siempre con los resultados esperados, Fournier 1985, Di Stefano 2004). Estos incluyen tanto especies nativas como exóticas, principalmente en monocultivos (Rojas 2005, Durán & Kattan 2005).

A pesar de que se han hecho muchas aseveraciones sobre los posibles impactos positivos o negativos de las mismas, especialmente

con exóticas (algunas con poco sustento científico, Zobel *et al.* 1987), esta estrategia de manejo afecta varias características ecológicas del ecosistema tropical que incluyen, entre otros, cambios en las propiedades del suelo, en la estructura del bosque, y la diversidad vegetal y animal que allí puedan establecerse durante o después de la plantación. La magnitud del efecto va a depender, entre otros, de las especies plantadas, características del sitio, y de las prácticas de manejo o extracción empleadas.

Ciertas especies forestales pueden afectar negativamente la regeneración natural dentro de la plantación e inclusive tener efectos residuales cuando dicha biomasa es cosechada. Por ejemplo, en un estudio en Florida, Di Stefano & Fisher (1984) demostraron que la presencia de *Melaleuca quinquenervia* ((Cav.) Blake, Myrtaceae), introducida de Australia, redujo considerablemente el número de individuos y especies de plantas del sotobosque nativas de la zona. Una de las razones sugeridas para producir tal impacto, fue la capacidad de la especie de liberar sustancias alelopáticas, las cuales se pueden acumular en el suelo. Varias especies forestales como *Cupressus* sp., *Eucalyptus* sp. y *Pinus* sp., muy utilizadas en los programas forestales durante los 60 y 70, suelen tener efectos similares (Del Moral & Muller 1970, Lines & Fournier 1979), así como la melina (*Gmelina arborea* (L.) Roxb., Ramírez & Di Stefano 1994) y la teca (*Tectona grandis* L.f., Macías *et al.* 2003), de más reciente plantación.

Sin embargo, otras especies pueden favorecer el establecimiento de plántulas en el sotobosque, por lo que pueden utilizarse como una estrategia para acelerar los procesos de sucesión vegetal y recuperación en áreas degradadas (Haggar *et al.* 1997, Montagnini *et al.* 2000). En investigaciones en Costa Rica se encontró que las plantaciones forestales con árboles nativos creciendo en suelos degradados, favorecieron la regeneración arbórea al compararlo con el control (Carnevale & Montagnini 2002, Cusack & Montagnini 2004). Al respecto, Cusack & Montagnini (2004) determinaron que el mayor reclutamiento ocurrió en monocultivos con *Vochysia guatemalensis* (Donn. Sm.) y *Calophyllum brasiliense* (Cambess.), con 75 581 y 69 219 indiv/ha, respectivamente, comparado con otras especies forestales nativas.

Entre los posibles factores del anterior resultado se señalan la reducción del exceso de luz (aquellas parcelas con aperturas intermedias del dosel, la regeneración fue más abundante comparada con las muy cerradas o abiertas), a la reducción de la competencia por herbáceas, a la presencia de perchas estables y seguras para la llegada de dispersores de

semillas (especialmente aves y murciélagos), y a cambios en las características químicas, y físicas los suelos (Stanley & Montagnini 1999, Guariguata 2000, Finegan & Delgado 2000, Carnevale & Montagnini 2002, Cusack & Montagnini 2004).

Los objetivos de la presente investigación fueron determinar la riqueza y abundancia de la regeneración natural de especies leñosas en un monocultivo de *V. guatemalensis* de aprox. diez años de edad en Tabarcia de Mora, así como evaluar el efecto de la fertilización sobre estos factores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La región donde se ubica el sitio experimental se ha clasificado como perteneciente al premontano muy húmedo (*sensu* Holdridge) a unos 750 msnm, con una precipitación anual promedio de 2 600 mm (acumulado mayormente entre mayo y noviembre) y una temperatura promedio anual de 20.3° C (Chinchilla 1987).

En 1992 se estableció un monocultivo de *V. guatemalensis*, inicialmente a 2x2 m, dividida en parcelas rectangulares de 80 m² separadas al menos 5 m una de otra (Di Stefano & Fournier 1994). A cada una de éstas se les aplicó los siguientes tratamientos: 0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/planta de P, NPK, respectivamente, en un diseño factorial totalmente al azar. El P se aplicó como superfosfato una única vez (al hueco), y el NPKMgB (fórmula cafetalera, 18-5-15-6-2) al voleo, anualmente. Para este último se aumentó la dosis entre 150 a 200 g cuando la plantación tenía entre cuatro y seis años de edad. Luego se dejó de fertilizar.

Como parte del manejo general de la plantación, durante los primeros dos-tres años se hicieron limpiezas y rodajeas periódicas hasta que se cerró el dosel. También, se combatió químicamente el ataque las hormigas zompopas durante ese periodo inicial. A los 4 años de edad, se derribaron aprox. la mitad de los árboles, para alcanzar un espaciamiento de 4 x 4 m. Pasados esos primeros años, el manejo fue mínimo (el cual consistió en podas esporádicas), y algunas pocas extracciones ilegales de madera o caída

natural de ramas o árboles. También se produjo cierto pisoteo cuando se visitaba el sitio semestral o anualmente como parte de la recolecta de datos para la investigación.

En este estudio, se utilizaron 19 parcelas, las que presentaban una densidad de árboles similar. La mayoría de éstas se ubicaban en pendientes planas a moderadas (menores de 35%) a 30 m o menos de un fragmento de bosque maduro (“primario”) típico de la zona con aprox. 4 ha (L.A. Fournier, com. pers.)

Cada una de las parcelas se recorrió totalmente anotando la especie, y su abundancia. Solo se consideraron especies leñosas, los cuales se clasificaron en tres clases de tamaño: ≥ 0.5 a 1.5 m; 1.51 a 2.5 m y >2.5 m, correspondiendo aproximadamente a los brinzales, latizales y juveniles. No se contabilizaron plántulas u enredaderas.

Inicialmente los ejemplares fueron identificados por el Dr. Luis A. Fournier (q.d.D.g.), pero posteriormente se contó con la ayuda del Dr. Carlos Morales, ambos taxónomos vegetales de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. Debido a que la mayoría no poseía ni flores ni frutos, la clasificación fue tentativa. Los especímenes se conservan en un herbario en la Escuela de Biología.

Se aplicó el índice de diversidad de Broullin (Krebs 1989) y se hicieron comparaciones entre los tratamientos con respecto al número de individuos totales, según categoría de tamaño, y riqueza de cada parcela, utilizando el paquete estadístico SigmaStat® 2.03, el cual automáticamente señala si los datos se ajustan o no a los supuestos paramétricos, y recomienda el análisis no paramétrico más adecuado. Además se calculó un índice de valor de importancia como la suma de la abundancia y frecuencia relativa de cada especie, (o número de individuos y especies relativos, para el caso de las familias vegetales), dividido entre dos.

RESULTADOS

La mayor densidad de individuos por parcela de las tres clases de tamaño se contabilizó en las fertilizadas con P sin NPK, siendo las

diferencias significativas estadísticamente (Fig. 1, $\chi^2=15.364$, $gl=3$ $p=0.002$). Esto se debió principalmente a una mayor abundancia de plantas en la categoría de menor altura.

En total se lograron identificar 90 especies distribuidos en 1 485 individuos (9 836 ind/ha). La mayor riqueza por parcela se encontró en el tratamiento con solo P (Fig. 2), lo cual se

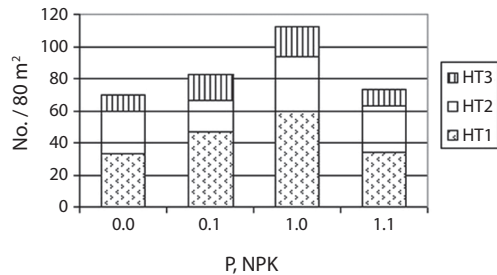


Fig. 1. Densidad por parcela según tratamiento (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/planta de P, NPK, respectivamente) y clase de tamaño (HT1=0.5 a 1.5 m; HT2=1.51 a 2.5 m y, HT3= >2.5 m de altura), en el sotobosque de una plantación de *Vochysia guatemalensis* de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica.

Fig. 1. Density/plot by treatment (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/plant of P, NPK, respectively) and height class (HT1=0.5 a 1.5 m; HT2=1.51 a 2.5 m y, HT3= >2.5 m) in the understorey of a ten year-old *Vochysia guatemalensis* plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica.

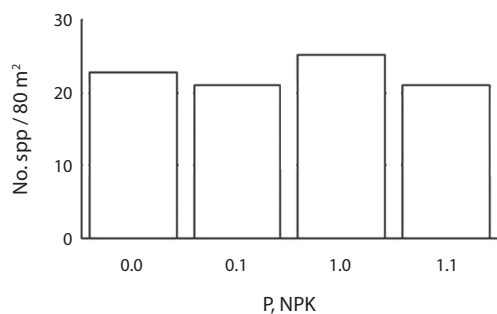


Fig. 2. Número de especies leñosas por parcela según tratamiento (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/planta de P, NPK, respectivamente) en el sotobosque de una plantación de *Vochysia guatemalensis* de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica.

Fig. 2. Number of woody species/ plot by treatment (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/plant of P, NPK, respectively) in a ten year-old *Vochysia guatemalensis* plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica.

reflejó en la más alta diversidad (Fig. 3). Sin embargo, éstas no resultaron ser significativamente diferentes desde el punto de vista estadístico. Luego de analizadas todas las parcelas todavía no se logró alcanzar la máxima riqueza, aunque estuvo cerca (Fig. 4).

El índice de valor de importancia (IVI) de las especies fue muy bajo (Fig. 5, Cuadro 1). A nivel de familia, el IVI no superó el 30% (Fig.

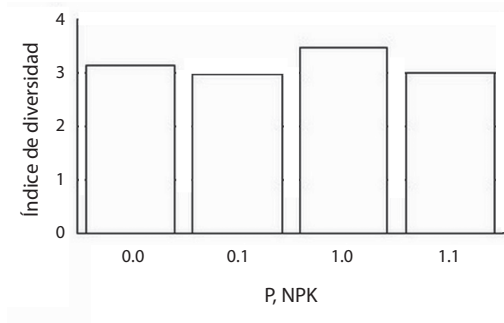


Fig. 3. Índice de diversidad de Broullin según tratamiento (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/planta de P, NPK, respectivamente) en el sotobosque de una plantación de *Vochysia guatemalensis* de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica.

Fig. 3. Broullin's Diversity Index, by treatment (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/plant of P, NPK, respectively) in the understory of a 10 year-old *Vochysia guatemalensis* plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica.

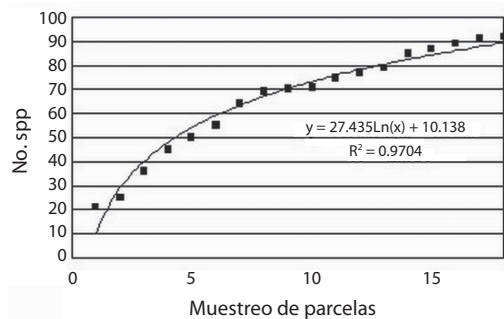


Fig. 4. Número acumulado de especies leñosas en el sotobosque de una plantación de *Vochysia guatemalensis* de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica.

Fig. 4. Cumulative number of understory woody species in a ten year-old *Vochysia guatemalensis* plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica.

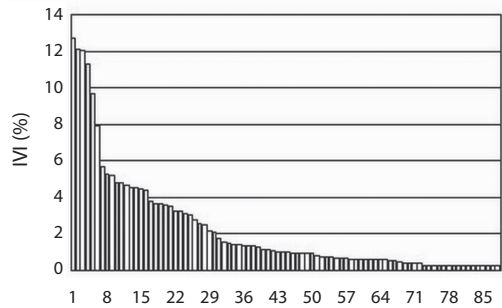


Fig. 5. Índice de valor de importancia (IVI) a nivel de especies leñosas en el sotobosque de una plantación de *Vochysia guatemalensis* de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica.

Fig. 5. Species Importance Value Index (IVI) of understory woody plants in a ten year-old *Vochysia guatemalensis* plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica.

6), siendo Lauraceae a la que se le encontraron más individuos y especies, seguida por Piperaceae, Fabaceae y Moraceae (Cuadro 2).

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación muestran que el número de especies y abundancia de individuos que logró establecerse bajo el dosel de *V. guatemalensis*, fue alta (90 spp. y cerca

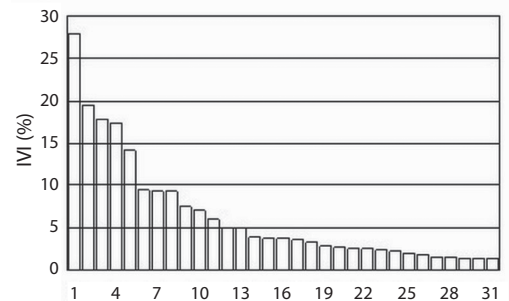


Fig. 6. Índice de valor de importancia (IVI) a nivel de las familias de las especies leñosas en el sotobosque de una plantación de *Vochysia guatemalensis* de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica.

Fig. 6. Importance Value Index (IVI) at family level of understory woody plants in a ten year old *Vochysia guatemalensis* plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica.

CUADRO 1

Las especies leñosas con el mayor índice de valor de importancia (IVI) en el sotobosque de una plantación de Vochysia guatemalensis de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica

TABLE 1

Understory woody species with the highest importance value index(IVI) in a ten year old Vochysia guatemalensis plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica

Familia	Género	Especie	No. indiv.	Frec.	IVI
Staphylaceae	<i>Turpinia</i>	<i>occidentale</i> (Sw.) G. Don.	124	18	12.7
Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>cf. sinuata</i> (Mez) Rohwer	115	18	12.1
Rubiaceae	<i>Coutarea</i>	sp.	114	18	12.1
Lauraceae	<i>Cinnamomum</i>	<i>brenesii</i> (Standl.) Kosterm.	110	16	11.3
Malvaceae	<i>Hampea</i>	<i>appendiculata</i> (Donn. Sm.) Standl.	104	11	9.67
Bombacaceae	<i>Ochroma</i>	<i>pyramidale</i> (Cav ex) Lam. Urb.	89	8	7.92
Fabaceae	<i>Erythrina</i>	sp.	34	14	5.72
Moraceae	<i>Clarisia</i>	<i>biflora</i> Ruiz & Pav.	42	10	5.27
Fabaceae	<i>Diphysa</i>	<i>americana</i> (Mill.) M. Sousa	38	11	5.25
Anacardiaceae	<i>Spondias</i>	<i>mombin</i> L.	43	8	4.85
Papaveraceae	<i>Bocconia</i>	<i>frutescens</i> L.	24	13	4.81
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>densiflora</i> Benth.	37	9	4.69
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>argentea</i> (Sw.) DC.	24	12	4.56
Anacardiaceae	<i>Tapirira</i>	<i>mexicana</i> Marchand	24	12	4.56
Vochysiaceae	<i>Vochysia</i>	<i>guatemalensis</i> Donn. Sm.	37	8	4.45

CUADRO 2

Las familias con el mayor Índice de valor de importancia (IVI) en el sotobosque de una plantación de Vochysia guatemalensis de diez años en Tabarcia de Mora, Costa Rica

TABLE 2

Understory families with the highest Importance value index (IVI) growing in a ten year old Vochysia guatemalensis plantation in Tabarcia de Mora, Costa Rica

Familia	No. indiv.	No. spp	IVI (%)
Lauraceae	281	8	28
Piperaceae	139	9	20
Fabaceae	132	8	18
Moraceae	107	9	17
Rubiaceae	142	4	14
Staphylaceae	124	1	9.4

de 10 000 ind./ha, sin incluir las plántulas), especialmente durante los últimos cinco a seis años. Varios de los géneros o especies identificados en este proyecto también fueron hallados en un inventario florístico que se realizó en la zona por Di Stefano & Morales (1993) en

varios fragmentos boscosos, incluido el bosque cercano a la plantación. Un 16% de las plantas alcanzó una altura mayor de 2.5 m.

Dentro de las especies regenerándose, se encontraron varias maderables de alto valor comercial tales como *Cedrela*, *Guarea*, *Calophyllum*, *Diphysa*, y la misma *Vochysia*, así como varias especies de importancia para la fauna dentro de las familias Lauraceae (aguacatillos), Rubiaceae, Fabaceae, y Moraceae. Otras fueron especies típicas de fases sucesionales tempranas, de maderas suaves y de muy rápido crecimiento (Cuadro 1). También se identificó a *Syzygium jambos* ((L.) Alston), una especie exótica naturalizada la cual ha sido catalogada como una invasora en algunos fragmentos de bosque en Costa Rica u otros países (Di Stefano *et al.* 1998) por lo que se recomienda estar vigilante para evitar que potencialmente domine algunos sectores.

De acuerdo a estos resultados, *Vochysia* no limitó la germinación, supervivencia y desarrollo de varias especies leñosas, aparentemente al moderar la cantidad de luz que llega

al sotobosque (esto se reflejó en una temprana reducción y eliminación de las limpias y rodajeas que se hacían en la plantación), impedir o reducir el crecimiento de enredaderas y herbáceas agresivas (en la zona predomina el uso de pastos muy invasoras tales como el jaragua, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Staff, o zacate estrella, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, los cuales afectan la supervivencia y crecimiento de algunas especies forestales, Di Stefano 2007), y facilitar la llegada de dispersores de semillas por aves y mamíferos. Con respecto a este último aspecto, el dosel alcanzó una altura promedio entre 5 y 10 m a los cuatro a cinco años (Di Stefano & Fournier 1998) lo cual se considera pudo favorecer la llegada de dichos organismos desde etapas tempranas del desarrollo estructural de la plantación. Al menos un 70% de las especies leñosas muestreadas, presentan frutos con síndromes de dispersión por vertebrados, similar a lo hallado por Finegan y Delgado (2000), aunque no siempre presentaron altos IVI.

Otro factor que pudo favorecer la regeneración, fue la presencia, a principios de 1999, de un episodio de defoliación moderada a fuerte en la mayoría parcelas (Fournier & Di Stefano 2000) provocada por una invasión de insectos herbívoros cortadores los cuales se habían identificado en un estudio anterior (Chaverri *et al.* 1997). Se alcanzaron niveles de apertura del dosel hasta de un 50 %, y varios de los árboles afectados tardaron cerca de un año en recuperarse totalmente.

También contribuyeron el manejo de la plantación (el cual fue de bajo impacto), no se presentaron fuegos ni ingreso de ganado, y a que las parcelas experimentales se encontraban muy cerca de una reserva boscosa. Se ha demostrado que estos fragmentos de bosque sirven como fuente de propágulos para la colonización de áreas adyacentes (*e.g.* Endress & Chinea 2001). Además, es importante considerar que la plantación se estableció en un lote de café con pendientes moderadas donde se aplicaban métodos de conservación de suelos y se fertilizaba anualmente (L.A. Fournier, com.

pers.). El sitio no mostraba signos de erosión o compactación, como si suele ocurrir en pastizales adyacentes. No se descartan los posibles efectos beneficiosos por parte de la hojarasca de *Vochysia* y su papel en la retención de humedad y almacenaje de nutrientes dentro de las parcelas (Di Stefano & Fournier 2005).

Finalmente, la aplicación por varios años de NPK no tuvo una consecuencia muy marcada a nivel de la abundancia y la presencia de especies del sotobosque, probablemente por el efecto residual de los fertilizantes utilizados en el cafetal. Sin embargo, éste si se observó para las parcelas con solo P. No se tiene claro del porqué de este resultado pero los árboles de *Vochysia* bajo ese tratamiento, tendieron a ser menos altas y de menor diámetro a la altura del pecho (Di Stefano & Fournier 1998).

De no presentarse intervenciones drásticas en la plantación, se hipotetiza que en los próximos diez a quince años, ésta podría convertirse en un bosque secundario relativamente complejo estructuralmente conforme las diferentes especies de etapas avanzadas de la sucesión, vayan alcanzando el dosel y el subdosel, especialmente si se aplican aclareos selectivos para disminuir la densidad de especies pioneras y otras competidoras (Guariguata 1999, Andresen *et al.* 2005).

La presente experiencia coincide con los resultados de Haggard *et al.* 1997 y Montagnini *et al.* (2000) con plantaciones de varias especies nativas las cuales pueden ser utilizadas no solo para facilitar la recuperación de suelos degradados, sino acelerar los procesos de regeneración natural con fines de conservación y comerciales forestales (Coecoceiba 2003).

AGRADECIMIENTOS

A Luis A. Fournier (q.d.D.g.) por sus enseñanzas, y el siempre sincero y desinteresado apoyo en la presente investigación (y en varias otras que realizamos juntos), a Carlos Morales por su colaboración en la clasificación de varias plantas, y a Melvin Sánchez, asistente de campo.

RESUMEN

Las estrategias de manejo y las especies seleccionadas en plantaciones forestales pueden tener efectos positivos o negativos sobre la regeneración vegetal en los trópicos. Esta investigación estudió la abundancia y riqueza de plantas leñosas bajo el dosel de un monocultivo de *Vochysia guatemalensis* de diez años. Se evaluaron 19 parcelas de 80 m² en Tabarcia de Mora, con varios tratamientos de fertilización (0-0; 0-50; 50-0, 50-50 g/planta de P, y NPK, respectivamente, este último se aumentó de 150 a 200 g hasta que la plantación alcanzó los seis años), en un diseño factorial totalmente al azar. Se contaron e identificaron todas las especies leñosas con más de 0.5 m de altura, con un total de aproximadamente 10 000 ind/ha en 90 especies, siendo éstas principalmente nativas de la zona (varias maderables, otras importantes para la fauna), la mayoría con bajos índices de importancia (suma de la densidad y frecuencias relativas). Un 16% alcanzaron alturas superiores a 2.5 m. Se considera que varios factores pudieron favorecer dicha regeneración, como un dosel con una apertura intermedia, un manejo forestal de bajo impacto, la cercanía de un fragmento boscoso maduro, y el establecimiento de la plantación en sustitución de un cafetal donde se aplicaban estrategias de conservación de suelos y se fertilizaba anualmente. Finalmente, se determinó una mayor abundancia y riqueza en las parcelas con solo P ($\chi^2=15.364$, $gl=3$, $p=0.002$), probablemente porque los árboles de *Vochysia* tendieron a ser menos desarrollados en comparación con los otros tratamientos.

Palabras clave: regeneración de plantas leñosas, plantación forestal, monocultivo, fertilización, sucesión, *Vochysia guatemalensis*, Costa Rica.

REFERENCIAS

Andresen, E., L. Pedroza-Espino, E.B. Allen & D.R. Pérez-Salicrup. 2005. Effects of Selective Vegetation Thinning on Seed Renewal in Secondary Forest Succession. *Biotropica* 37: 145-148.

Carnevale, N.J. & F. Montagnini. 2002. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. *Forest Ecol. Manag.* 163: 217-227.

Coecoceiba. Amigos de la Tierra. 2003. La restauración ecologista del bosque tropical. FFECON, Ibérica, San José, Costa Rica.

Cusack, D. & F. Montagnini. 2004. The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. *Forest Ecol. Manag.* 188: 1-15.

Chaverri, G., J.F. Di Stefano & L.A. Fournier. 1997. Insectos herbívoros cortadores en *Vochysia guatemalensis*: un estudio preliminar del daño provocado y de sus parasitoides, en Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agron. Costarr.* 21: 267-272.

Chinchilla, E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, San José, Costa Rica.

Del Moral, R. & C.H. Muller. 1970. The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. *Amer. Midl. Nat.* 83: 254-282.

Di Stefano, J.F. & R.F. Fisher. 1984. Invasion potential of *Melaleuca quinquenervia* in Southern Florida, U.S.A. *Forest Ecol. Manag.* 7: 133-141.

Di Stefano, J.F. & L.A. Fournier. 1994. Crecimiento inicial de *Vochysia guatemalensis* en Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agron. Costarr.* 18: 41-46.

Di Stefano, J.F. & L.A. Fournier. 1998. Biomasa aérea, concentración de nutrimentos y daños en árboles de *Vochysia guatemalensis* en un monocultivo de cuatro años, Tabarcia, Costa Rica. *Agron. Costarr.* 22: 235-241.

Di Stefano, J.F., L.A. Fournier, J. Carranza, W. Marín & A. Mora. 1998. Potencial invasor de *Syzygium jambos* en fragmentos boscosos: El caso de Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46: 567-573.

Di Stefano, J.F. & L.A. Fournier. 2005. Caída de hojarasca y tasas de descomposición de las hojas de *Vochysia guatemalensis* en una plantación de 10 años, Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agron. Costarr.* 29: 9-16.

Di Stefano, J.F. & C.O. Morales. 1993. Inventario florístico en varias áreas boscosas en Tabarcia de Mora y Palmichal de Acosta, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 41: 423-431.

Durán, S.M. & G.H. Kattan. 2005. A Test of the Utility of Exotic Tree Plantations for Understory Birds and Food Resources in the Columbian Andes. *Biotropica* 37: 129-135.

Endress, B.A. & J.D. Chinea. 2001. Landscape patterns of tropical forest recovery in the Republic of Palau. *Biotropica* 33: 555-565.

Finegan, B. & D. Delgado. 2000. Structural and floristic heterogeneity in a 30-year-old Costa Rican rain forest restored, on pasture through natural secondary succession. *Restor. Ecol.* 8: 380-393.

Fournier, L.A. 1985. El sector forestal de Costa Rica: Antecedentes y perspectivas. *Rev. Biol. Trop.* 9: 253-260

- Fournier, L.A. & J.F. Di Stefano. 2000. Defoliación parcial de árboles de *Vochysia guatemalensis* (Vochysiaceae) en una plantación de siete años en Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Agron. Costar.* 24: 87-91.
- Guariguata, M.R. 1999. Early response of selected tree species to liberation thinning in a young secondary forest in NE Costa Rica. *Forest Ecol. Manag.* 124: 255-261
- Guariguata, M.R. 2000. Seed and seedling ecology of tree species in neotropical secondary forests: Management implications. *Ecol. Applicat.* 10: 145-154.
- Haggar, J., K. Wightman & R. Fisher. 1997. The potential of plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape on lowland Costa Rica. *For. Ecol. Manag.* 99: 55-64.
- Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper y Row, Nueva York, EEUU.
- Macías, F.A., R. Lacret, R.M. Varela & C. Nogueiras. 2003. Allelopathic potencial of teak (*Tectona grandis*). Allelopathy: from understanding to application, p. 140. *In* Second European Allelopathy Symposium.
- Montagnini, F., M. Guariguata, A. Mariscal, N. Ribeiro & D. Shepherd. Reforestación con especies nativas para la recuperación de áreas degradadas. 2000. Experiencias en tres regiones de Latinoamérica, p. 59-75. *In* E. Chaves (ed.). Taller de Nutrición Forestal. 2 de junio CONARE-OPES, San José, Costa Rica
- Lines, N. & L.A. Fournier. 1979. Efecto alelopático de *Cupressus lusitanica* Mill. sobre la germinación de semillas de algunas hierbas. *Rev. Biol. Trop.* 27: 223-229.
- Ramírez, S. & J.F. Di Stéfano. 1994. Potencial alelopático de *Gmelina arborea* (Verbenaceae). *Rev. Biol. Trop.* 42: 729-732.
- Rojas, F. 2005. Principales especies forestales introducidas en Costa Rica. *Revista Forestal Kurú* 2.
- Stanley, W.G & F. Montagnini. 1999. Biomass and nutrient accumulation in pure and mixed plantations of indigenous tree species grown on poor soils in the humid tropics of Costa Rica *Forest Ecol. Manag.* 113: 91-103.
- Zobel, B., G. van Wyk & P. Stahl. 1987. Growing exotic forests. John Wiley & Sons, Nueva York, EEUU.

INTERNET REFERENCE

- Di Stefano, J.F. 2007. Establecimiento y crecimiento inicial de varias especies forestales en pastizales degradados en la cuenca del río Picagres, Puriscal. *In* F. Montoya (ed.). Investigación para la recuperación de áreas degradadas en la cuenca del río Picagres, Puriscal (1992-2004). Observatorio del Desarrollo, Univ. Costa Rica, San Pedro Montes de Oca, San José, Costa Rica. (Revisado: febrero 2007 www.odd.ucr.ac.cr/publicaciones/ambiente.htm)