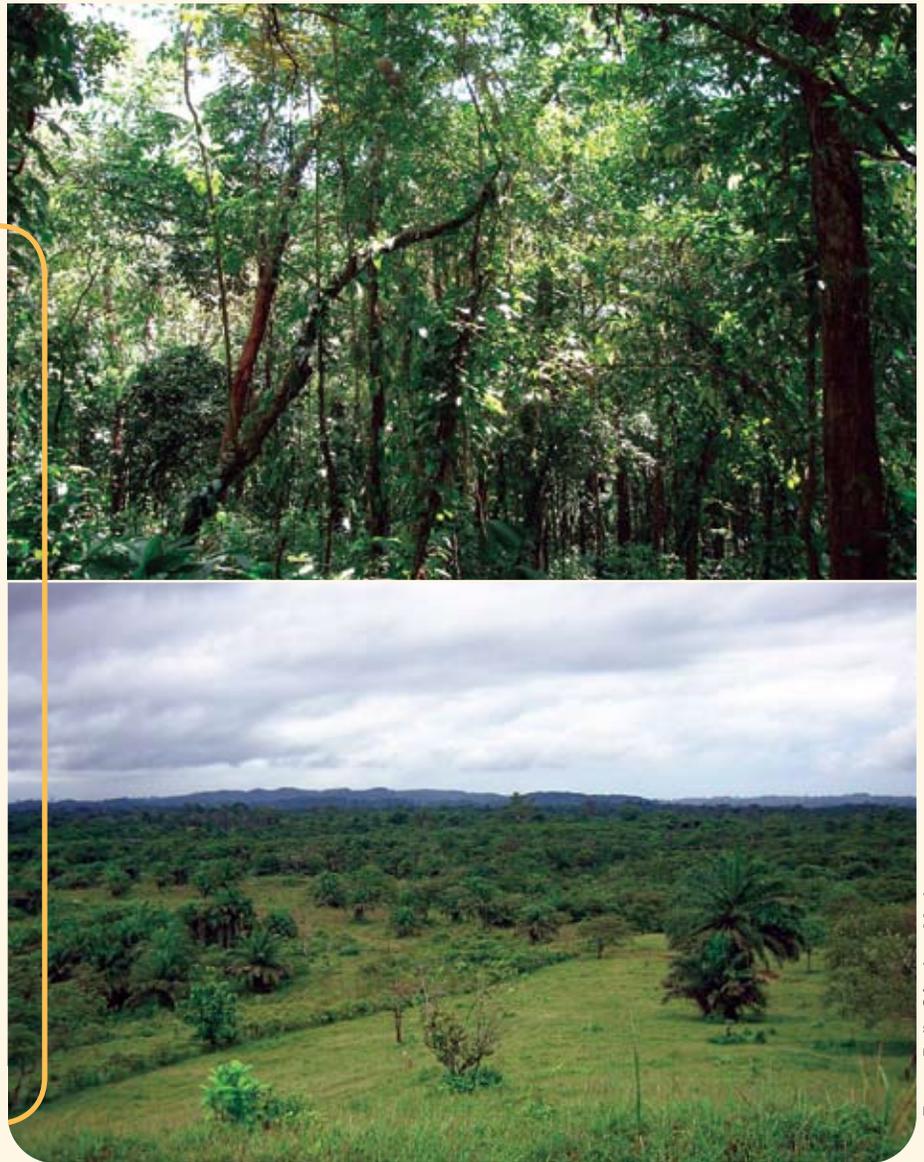


Tipos de bosques en el sector sur del Corredor Biológico del Atlántico, Nicaragua¹

Dalia Sánchez Merlos²; Bryan Finegan³;
Celia A. Harvey⁴; Diego Delgado⁵

El estudio demuestra que existen por lo menos cuatro tipos de bosques en la zona, cada uno con su propia composición florística y asociado a diferentes condiciones de sustrato. Es obvio que mantener muestras representativas de estos cuatro tipos de bosques, tanto en las áreas protegidas, como a lo largo del corredor biológico del Atlántico, es una prioridad para asegurar la conservación de la diversidad florística de la zona a largo plazo.



Fotos: Dalia Sánchez Merlos.

¹ Basado en Sánchez M; D. 2006. Criterios ecológicos para la planificación de la conservación en un sector del Corredor Biológico del Atlántico de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 122 p.

² Mag. Sc. en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, CATIE. dsanchez@catie.ac.cr

³ Grupo Bosques, Áreas Protegidas y Biodiversidad, CATIE. bfinegan@catie.ac.cr

⁴ charvey@catie.ac.cr

⁵ Grupo Bosques, Áreas Protegidas y Biodiversidad, CATIE. ddelgado@catie.ac.cr

Resumen

A pesar de que los bosques del Atlántico de Nicaragua son los relictos más importantes del país y forman parte del Corredor Biológico Mesoamericano, estos no han sido bien caracterizados por lo que no se conoce qué comunidades y especies se están perdiendo por el avance de la frontera agrícola. Este estudio se realizó en el sector sur del Corredor Biológico del Atlántico de Nicaragua, con la finalidad de generar información sobre los tipos de bosques secundarios presentes en la región. Se establecieron 40 parcelas temporales de 0,25 ha para caracterizar los árboles y palmas ≥ 10 cm dap. A través de análisis multivariados se identificaron cuatro tipos de bosques, nombrados según las especies indicadoras: 1) Bosque de *Croton*, *Jacaranda* y *Pentaclethra*, 2) Bosque de *Vochysia*, *Xylopia* e *Hirtella*, 3) Bosque de *Dipteryx*, *Bactris* y *Coccoloba*, 4) Bosque de *Miconia*, *Mosquitoxylum* e *Inga*. Los análisis indican que la diversidad en estos bosques es parecida, aunque difieren en estructura y composición de especies y en el sustrato asociado. Para conservar la diversidad florística en esta región es importante asegurar que los cuatro tipos de bosques estén bien representados en el sistema de áreas protegidas y de corredores biológicos.

Palabras claves: Bosque tropical húmedo; composición botánica; biodiversidad; corredor biológico; Corredor Biológico del Atlántico de Nicaragua; Corredor Biológico Mesoamericano; Nicaragua.

Summary

Types of forests in the southern sector of Nicaragua's Atlantic Biological Corridor. Although the Atlantic forests of Nicaragua are the most important relict forest in the country, and although they are part of the Mesoamerican Biological Corridor, these forests have not been characterized. So far, the communities and species being lost by the advance of the agricultural frontier in this region are unknown. The objective of this study was to generate information about the types of secondary forests present in the southern sector of Nicaragua's Atlantic Biological Corridor. Forty temporary 0.25 ha plots were established to characterize all trees and palms with dbh ≥ 10 cm. Using multivariate analyses, four types of forests were distinguished and named according to the indicator species: 1) *Croton*, *Jacaranda* y *Pentaclethra* forest, 2) *Vochysia*, *Xylopia* and *Hirtella* forest, 3) *Dipteryx*, *Bactris* and *Coccoloba* forest, and 4) *Miconia*, *Mosquitoxylum* and *Inga* forest. The analyses indicated that the four types of forests were equally diverse, but different in structure and species composition, as well as in associated type of soil. To conserve the floristic diversity in the region, it is important to ensure that all four types of forests are well represented in both the system of protected areas and biological corridors.

Keywords: Tropical wet forest; botanical composition; biodiversity; biological corridor; Biological Corridor of the Atlantic of Nicaragua; Mesoamerican Biological Corridor; Nicaragua.

Introducción

En las iniciativas integrales a escala de paisaje, la tipificación de bosques se ha convertido en una herramienta importante en las propuestas de conservación y planificación de corredores biológicos (Finegan et ál. 2001). Una tipificación detallada brinda información de cómo difieren los tipos de bosques en cuanto a riqueza, composición y estructura, y cómo diferentes tipos de bosques

pueden ser incorporados dentro de estrategias de conservación y/o restauración, según sus valores de biodiversidad (Hartshorn 2002).

La Costa Atlántica de Nicaragua es la ecorregión de bosques húmedos tropicales de bajura más extensa del país, la cual forma parte del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM). Sin embargo, la información sobre la composición florística y estructural de estos bosques es muy escasa e insuficiente para definir planes de

manejo y/o conservación. Por ello, es necesario trabajar en la tipificación de los bosques, de manera que esa información pueda ser aprovechada para los esfuerzos de conservación en la zona. Este estudio se centró en el Corredor Biológico del Atlántico (CBA) específicamente, con el fin de: 1) caracterizar los bosques presentes y determinar si existen tipos de bosques secundarios distintos y su relación con condiciones de sustrato (suelo y topografía); 2) comparar la

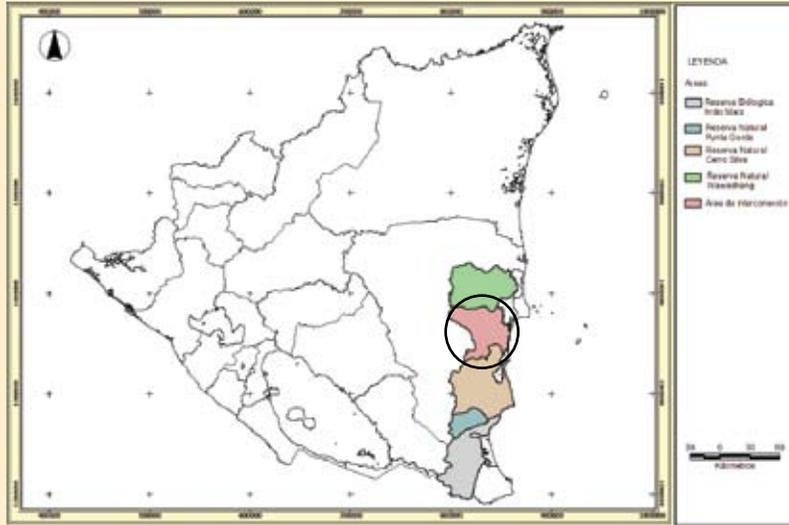


Figura 1. Ubicación de la red de áreas protegidas desde el límite sur hasta Wawashang. El óvalo encierra el área de interconexión donde se realizó el estudio. Cartografía digital por Geog. Christian Brenes.

diversidad, composición y estructura entre los diferentes tipos de bosques secundarios.

Metodología

El área de estudio

El estudio se realizó en el sector sur del CBA, en el área de interconexión entre las reservas naturales de Cerro Silva y Wawashang. Esta área cubre aproximadamente 1924,14 km² (Fig. 1). Según la interpretación de una imagen de satélite Landsat TM del año 2002, el paisaje es un mosaico de charrales/tacotales (50,5%), fragmentos de bosque secundario (27,6%) y uso agropecuario (16,4%).

Muestreos

Selección de los fragmentos de bosque secundario y establecimiento de parcelas.- Debido a que el paisaje está dominado por charrales/tacotales, por medio de conversaciones con pobladores y líderes de la zona de estudio, se definieron los siguientes criterios para seleccionar los fragmentos de bosque secundario y evitar la evaluación de vegetación pionera: a) bosques secundarios

de aproximadamente 17 años de edad; b) presencia de palmas grandes como indicadores de madurez y grado de perturbación; c) presencia de un sotobosque abierto, típico de condiciones de bosque maduro poco alterado; d) posibilidad de establecer dos parcelas de 0,25 ha como mínimo por fragmento con una distancia de 300 m entre parcelas. Los criterios para instalar las parcelas de muestreo temporal fueron: a) asegurar que las esquinas de las parcelas estuvieran ubicadas a una distancia no menor de 50 m del borde para minimizar el efecto de borde; b) evitar condiciones atípicas, como sitios de anegamiento o áreas de bosque muy intervenido; c) asegurar la accesibilidad.

La metodología que se utilizó para caracterizar e identificar los tipos de bosques se adaptó del protocolo metodológico desarrollado en CATIE para la tipificación de bosques (Pérez et ál. 2001, Perdomo 2001, Ramos 2004, Murrieta 2006, Sesnie⁶). Se establecieron 40 parcelas temporales de 0,25 ha (50 m x 50 m) en diez fragmentos de bosque

secundario, los cuales variaron entre 6 a 40 ha. En estas parcelas se midió el dap de todos los árboles y palmas ≥ 10 cm y se identificó cada uno de los individuos. La identificación botánica fue realizada por taxónomos del Herbario de la Universidad Autónoma de León y el Herbario Nacional de Nicaragua.

Muestreo de suelos.- Para evaluar la relación entre los tipos de bosques y las condiciones de suelo y topografía, en cada parcela se colectaron muestras de suelo que permitieron determinar algunas características morfológicas y fisicoquímicas de los suelos y relacionar esta información con las comunidades de plantas. Para el muestreo se seleccionaron cinco puntos dentro de cada parcela de 50 m x 50 m: un punto en el centro de la parcela y los otros cuatro puntos en el centro de subparcelas de 25 m x 25 m (Pérez et ál. 2001, Ramos 2004). Las variables medidas en laboratorio fueron la textura, el contenido de materia orgánica y el pH.

Para determinar las características morfológicas del suelo se muestreó a tres profundidades (0-10 cm, 20-40 cm y 70-80 cm) en el centro de las parcelas de 0,25 ha. Las variables evaluadas fueron profundidad efectiva del suelo, drenaje, color, presencia de manchas y concreciones y textura. Con base en la información obtenida, se estimó el orden de suelo según Soil Survey Staff (2003). Otras variables consideradas fueron pendiente (%), altitud (msnm), pedregosidad en la superficie de la parcela y ubicación topográfica de la parcela, según las categorías de Delgado y Finegan (1999).

Análisis de datos

Caracterización e identificación de los tipos de bosque secundario.- Para determinar la similitud entre las 40 parcelas y definir los tipos de bosques se elaboró una matriz con

⁶ Sesnie, S. 2005. Estudiante de doctorado del programa conjunto CATIE/Universidad de Idaho. Turrialba, CR, CATIE. Comunicación personal.

los valores del índice de valor de importancia (IVI) de las especies presentes en dos o más parcelas; no se consideraron aquellas especies con frecuencia igual a uno. A partir de esta matriz -y siguiendo las recomendaciones de McCune y Grace (2002) para la clasificación de tipos de bosques- se realizó un análisis de conglomerados que utiliza la distancia Euclidiana, mediante el programa estadístico SAS v. 6.1.

Para determinar las especies más significativas en cada tipo de bosque se utilizó el análisis de especies indicadoras, según el método de Dufrêne y Legendre; para ello se utilizó la prueba estadística de Monte Carlo con el programa PC - ORD v. 4.25 (McCune y Grace 2002).

Riqueza, diversidad, composición y estructura de los tipos de bosques identificados.- Tales variables fueron calculadas para cada uno de los tipos de bosques identificados. Para determinar la estructura se calculó la distribución diamétrica, área basal (m^2/ha) y la abundancia total con el programa Microsoft Visual FoxPro v 5.0 (Kennamer 1996). La riqueza se calculó como el número total de especies presentes en cada tipo de bosque. La diversidad florística se analizó a través de los índices de diversidad de Shannon, Simpson y α de Fisher usando el programa Estimates v 5.0.1 (Colwell 1997). Además, se calculó el índice de equidad⁷ y se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas entre los tipos de bosques y pruebas de comparación de medias de Duncan.

Análisis de la relación de las variables edáficas (suelo y topografía) con los tipos de bosques.- Para determinar la relación entre los tipos de bosques con las variables edáficas se utilizó un análisis discriminante canónico con el programa Infostat v. 1.6 (Robledo et ál. 2000). Posteriormente, para determinar

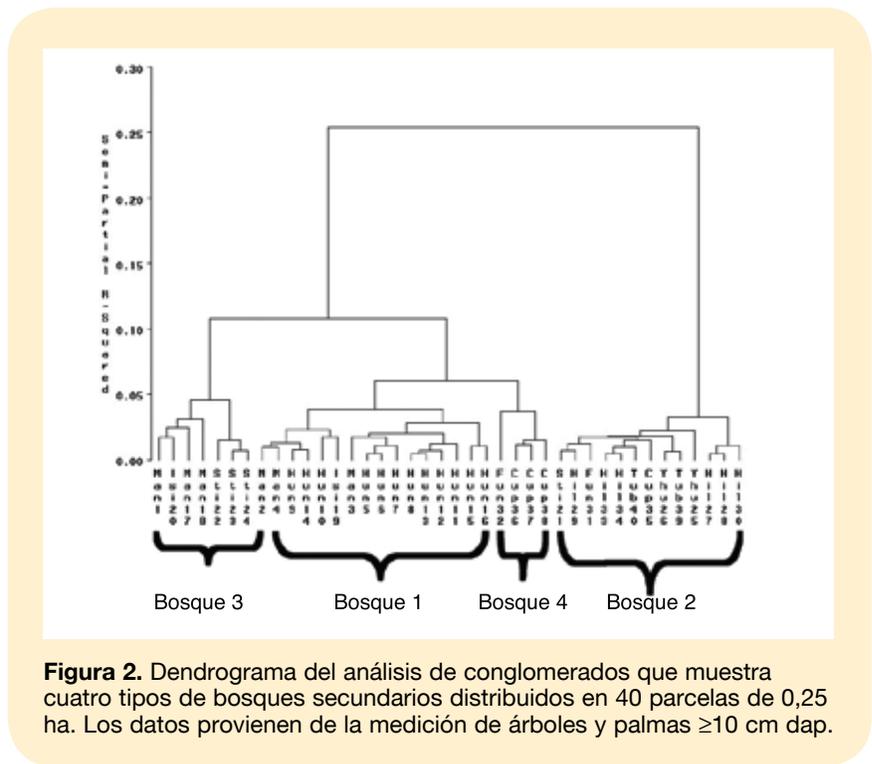


Figura 2. Dendrograma del análisis de conglomerados que muestra cuatro tipos de bosques secundarios distribuidos en 40 parcelas de 0,25 ha. Los datos provienen de la medición de árboles y palmas ≥ 10 cm dap.

diferencias estadísticas se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Duncan para las variables cuantitativas (porcentaje de limo, arena, arcilla, pH, materia orgánica, pendiente, profundidad efectiva y altitud) y una prueba de Chi Cuadrado para las variables cualitativas (drenaje, pedregosidad en la superficie y ubicación topográfica).

Resultados

En las 40 parcelas de 0,25 ha (10 ha) se registraron un total de 4361 individuos de árboles y palmas (identificados a nivel de especie) de 149 especies, 119 géneros y 48 familias. El total de especies reportadas representa un 5% de las especies conocidas para la vertiente Atlántica de Nicaragua (Stevens et ál. 2001). El análisis de conglomerados generó un dendrograma con cuatro grupos de parcelas que formaron los diferentes tipos de bosques (Fig. 2). El dendrograma muestra en el eje vertical los

valores de R^2 que refleja la correlación entre las parcelas agrupadas y el tipo de bosque clasificado. Los bosques con mayor similitud fueron el 1, 3 y 4, en tanto que el bosque 2 se separó del resto. El bosque 1 estuvo presente en 16 parcelas (4 ha), el bosque 2 en 13 parcelas (3,25 ha), el bosque 3 en 7 parcelas (1,75 ha) y el bosque 4 en 4 parcelas (1 ha).

Análisis de especies indicadoras

El método de Legendre y Dufrêne permitió seleccionar las especies arbóreas con mayor valor indicador (VI) estadísticamente significativo para una $p < 0,05$ a través de la prueba de Monte Carlo. McCune y Grace (2002) señalan que el VI aparece en un rango de 0 “no indicación” a 100 “perfecta indicación”. Se encontraron 36 especies significativas distribuidas en los cuatro tipos de bosques. El número de especies indicadoras por tipo de bosque varió entre 7 y 10 especies, las cuales

⁷ Índice de equidad $E = H'/\ln(S)$ donde: H' es el índice de diversidad de especies en una comunidad y S es el número total de especies. El valor de E se sitúa entre 0 y 1, donde 1 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

tuvieron un rango de VI entre 28,6 y 86%. Los tipos de bosques se nombraron de la siguiente forma, según el VI y el IVI de cada una de las especies indicadoras:

■ Bosque 1: *Croton smithianus*, *Jacaranda copaia* y *Pentaclethra macroloba*. Este bosque se encuentra en la parte sur del área de estudio (Fig. 3) y se caracteriza por una mezcla de especies primarias y pioneras; entre ellas, *C. smithianus*, *J. copaia*, *Guarea grandifolia*, *Dendropanax arboreus*, *Pouteria durlandii*, *Protium glabrum*, *Miconia impetolaris*, *Virola koschnyi* y *Pseudolmedia spuria*. La especie con el mayor peso ecológico fue *P. macroloba*. En las 4 ha muestreadas se encontraron 81 especies y 1465 individuos.

■ Bosque 2: *Vochysia ferruginea*, *Xylopia frutescens* e *Hirtella racemosa*. Este bosque se ubica en la parte norte del área de estudio (Fig. 3) y se caracteriza por la presencia de cinco especies de palmas: *Astrocaryum alatum*, *Cryosophila warscewiczii*, *Manicaria saccifera*, *Prestoea decurrens* y *Welfia georgii*. Las especies *W. georgii* y *C. warscewiczii* solamente se encontraron en este bosque. La especie con mayor peso ecológico fue *V. ferruginea*. En 3,25 ha muestreadas se encontraron 90 especies y 1731 individuos.

■ Bosque 3: *Dipteryx oleifera*, *Bactris gasipaes* y *Coccoloba tuerckheimii*. Este bosque se caracteriza por una mezcla de especies de la parte sur y norte del área de estudio (Fig. 3), pero con mayor dominancia de especies del norte. Las especies asociadas a este tipo de bosque fueron *Spondias mombin*, *Luehea seemannii*, *Ficus tonduzii*, *Abarema acreana*, *Jacaratia spinosa*, *Plinia povedae* y *Tabernaemontana arborea*. *D. oleifera* fue la especie con mayor peso ecológico. En 1,75 ha muestreadas se encontraron 90 especies y 770 individuos.

■ Bosque 4: *Miconia hondurensis*, *Mosquitoxylum jamaicensis* e *Inga samanensis*. Este bosque se encuentra ubicado en la parte norte del área de estudio (Fig. 3). Al igual que en el bosque 1, *P. macroloba* fue la especie con mayor IVI; sin embargo, *M. hondurensis*, *M. jamaicensis* y *I. samensis* fueron las que más discriminaron con respecto a su valor indicador. Dos palmas ocurrieron en este tipo de bosque: *Astrocaryum alatum* y *Manicaria saccifera*. Otras especies arbóreas asociadas fueron *Pourouma bicolor*, *Hirtella lemsii*, *Cordia bicolor*, *Laetia thamnina* y *Brosimum guianense*. En 1 ha muestreada se encontraron 52 especies y 395 individuos.

Diversidad y riqueza de los tipos de bosques

No hubo diferencias estadísticas significativas entre los cuatro tipos de bosques para los valores promedio de número de especies ($p=0,13$), índices de diversidad de α Fisher ($p=0,18$), Shannon ($p=0,49$), Simpson ($p=0,85$) y el índice de equidad ($p=0,83$) utilizando una $p < 0,05$.

Análisis de la estructura de los tipos de bosques

La distribución de las clases diamétricas tuvo forma de “J” invertida con mayores abundancias en las clases diamétricas inferiores. Las clases diamétricas 10-19 cm, >60 cm y la abundancia total mostraron diferencias significativas (Cuadro 1). La prueba de comparación de medias de Duncan indicó que el bosque 2 no se diferenció del bosque 3 y 4 para la clase diamétrica 10-19 cm. En la clase diamétrica >60 cm, el bosque 3 se diferenció del resto porque registró especies con diámetros mayores. Las especies que contribuyeron en esta diferenciación fueron *Ceiba pentandra*, *Dipteryx oleifera*, *Goethalsia meiantha* y *Luehea seemannii*. En la abundancia total, el bosque 2 se diferenció del bosque 1 y 4.

En cuanto al área basal, el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Duncan mostraron que el bosque 2 no difiere del bosque 3 en la clase diamétrica 10-19 cm (Cuadro 2). En la clase diamétrica >60 cm y en la abundancia total, el bosque 3 presentó mayor área basal con respecto al resto.

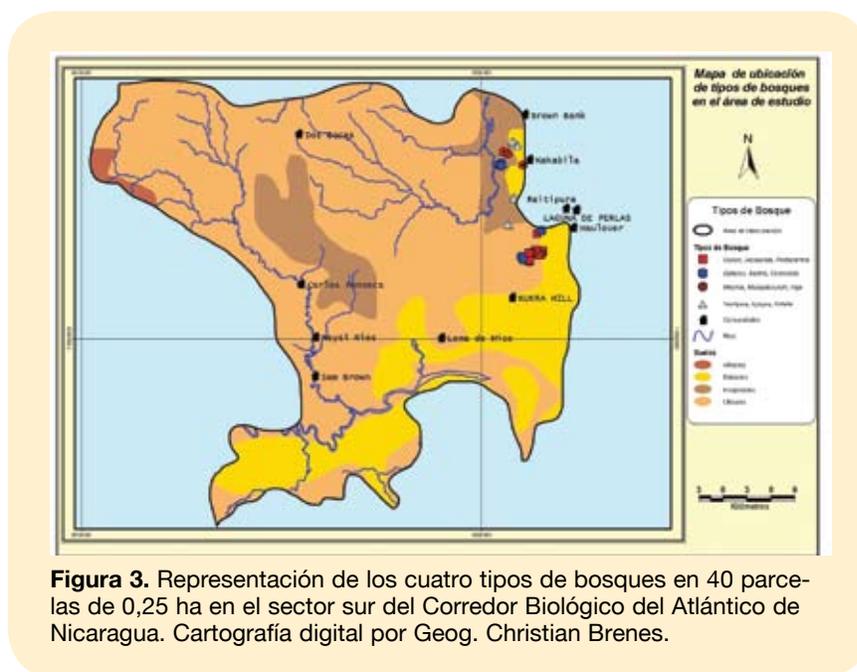


Figura 3. Representación de los cuatro tipos de bosques en 40 parcelas de 0,25 ha en el sector sur del Corredor Biológico del Atlántico de Nicaragua. Cartografía digital por Geog. Christian Brenes.

Análisis discriminante canónico para las variables edáficas con los tipos de bosques

El análisis discriminante canónico indicó que el eje canónico 1 establece diferencias entre los bosques 1 y 4 y explica el 64,15% de la variabilidad; las variables con mayor peso discriminante fueron el porcentaje de arena, arcilla, pH y materia orgánica. El eje canónico 2 explica el 25,84% y las variables más importantes en este eje fueron el porcentaje de arena y la altitud (Fig. 4).

Los resultados del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Duncan se resumen en el Cuadro 3. El bosque 4, conformado por las parcelas ubicadas en la parte norte del área de estudio, fue

el que presentó mayor contenido de arena. En cambio, el bosque 1 que abarca las parcelas ubicadas en la parte sur, presentó los mayores contenidos de arcilla. El análisis de Chi cuadrado (X^2) indicó que el drenaje ($p = 0,07$) y la posición topográfica ($p = 0,05$) fueron significativas con una $p < 0,1$. Sin embargo, la pedregosidad en la superficie no mostró significancia ($p = 0,10$).

Discusión

Este estudio representa el primer esfuerzo en la identificación y caracterización de los bosques del sector sur del Corredor Biológico del Atlántico de Nicaragua, con base en información florística, diversidad, estructura y riqueza de

las especies de plantas y palmas. El estudio demuestra que existen cuatro tipos de bosques secundarios distintos en la zona: 1) Bosque de *Croton*, *Jacaranda* y *Pentaclethra*, 2) Bosque de *Vochysia*, *Xylopia* e *Hirtella*, 3) Bosque de *Dipteryx*, *Bactris* y *Coccoloba*, 4) Bosque de *Miconia*, *Mosquitoxylum* e *Inga*. Estos bosques están dominados por especies generalistas como *Brosimum guianense*, *Brosimum lactescens*, *Pentaclethra macroloba*, *Tetragastris panamensis*, heliófitas durables como *Goethalsia meiantha*, *Hyeronima alchorneoides*, *Luehea seemannii* y *Laetia procera* y heliófitas efímeras como *Croton smithianus*, *Cecropia insignis* y *Cecropia obtusifolia*.

Cuadro 1.

Diámetro promedio y abundancia total en los cuatro tipos de bosques definidos en el Corredor Biológico del Atlántico, Nicaragua

Clase diamétrica (cm)	Bosque 1 (N/ha)	Bosque 2 (N/ha)	Bosque 3 (N/ha)	Bosque 4 (N/ha)	p
10-19	225,50 ± 19,61 b	368,00 ± 37,61 a	282,86 ± 47,41 ab	270,00 ± 20,82 ab	0,01
20-29	98,25 ± 6,21	117,54 ± 9,17	97,14 ± 13,23	84,00 ± 7,66	0,14
30-39	27,00 ± 4,14	32,92 ± 3,66	34,86 ± 6,63	24,00 ± 13,95	0,58
40-49	8,00 ± 1,75	9,54 ± 2,66	8,00 ± 2,14	10,00 ± 4,16	0,93
50-59	3,25 ± 1,05	1,85 ± 1,07	6,29 ± 1,92	2,00 ± 2,00	0,16
> 60	4,25 ± 1,44 b	2,77 ± 1,14 b	10,86 ± 2,09 a	5,00 ± 3,00 b	0,01
Abundancia total (N)	366,25 ± 22,54 b	532,62 ± 36,09 a	440,00 ± 53,08 ab	395,00 ± 29,59 b	0,003

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 2.

Área basal promedio en los cuatro tipos de bosques definidos en el Corredor Biológico del Atlántico, Nicaragua

Clase diamétrica (cm)	Bosque 1 (G/ha)	Bosque 2 (G/ha)	Bosque 3 (G/ha)	Bosque 4 (G/ha)	p
10-19	3,69 ± 0,32 b	5,88 ± 0,56 a	4,48 ± 0,63 ab	4,18 ± 0,41 b	0,007
20-29	4,46 ± 0,31	5,33 ± 0,46	4,43 ± 0,63	3,73 ± 0,25	0,18
30-39	2,50 ± 0,39	2,98 ± 0,31	3,18 ± 0,65	2,20 ± 1,22	0,62
40-49	1,23 ± 0,26	1,48 ± 0,42	1,15 ± 0,30	1,45 ± 0,61	0,91
50-59	0,73 ± 0,24	0,42 ± 0,24	1,38 ± 0,44	0,43 ± 0,43	0,19
> 60	2,20 ± 0,80 b	1,65 ± 0,82 b	8,20 ± 1,28 a	3,92 ± 2,74 b	0,001
Total (G)	14,81 ± 0,93 b	17,74 ± 1,37 b	22,82 ± 2,78 a	15,90 ± 3,29 b	0,01

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Comparaciones entre tipos de bosques

Los análisis de diversidad e índice de equidad no mostraron diferencias entre bosques, ya que los cuatro tipos de bosques son igualmente diversos y mantienen muchas especies, pero sí en estructura y composición de especies. Generalmente los bosques secundarios presentan una gran variabilidad en composición florística en distancias cortas debido a factores como: variaciones fenológicas de las especies colonizadoras al momento de abandono de las áreas, tipo de regeneración, grado de proximidad de fuentes de semillas, factores edáficos y grado de perturbación a que hayan sido sometidos (Smith et ál. 1997, Guariguata et ál. 1997, Guariguata y Ostertag 2001, Finegan y Delgado 2000).

En los cuatro tipos de bosques se encontraron entre 42 y 58 especies por hectárea. Este número de especies es un poco inferior a lo reportado en bosques tropicales húmedos, donde se encuentran entre 60 y 80, y a veces hasta más de 100 especies por hectárea (Lamprecht 1990). Castillo (1997) reporta entre 54 y 71 especies en un bosque primario intervenido en Río San Juan, Nicaragua, a 168 km aproximadamente del sitio de este estudio. En total se encontraron siete especies

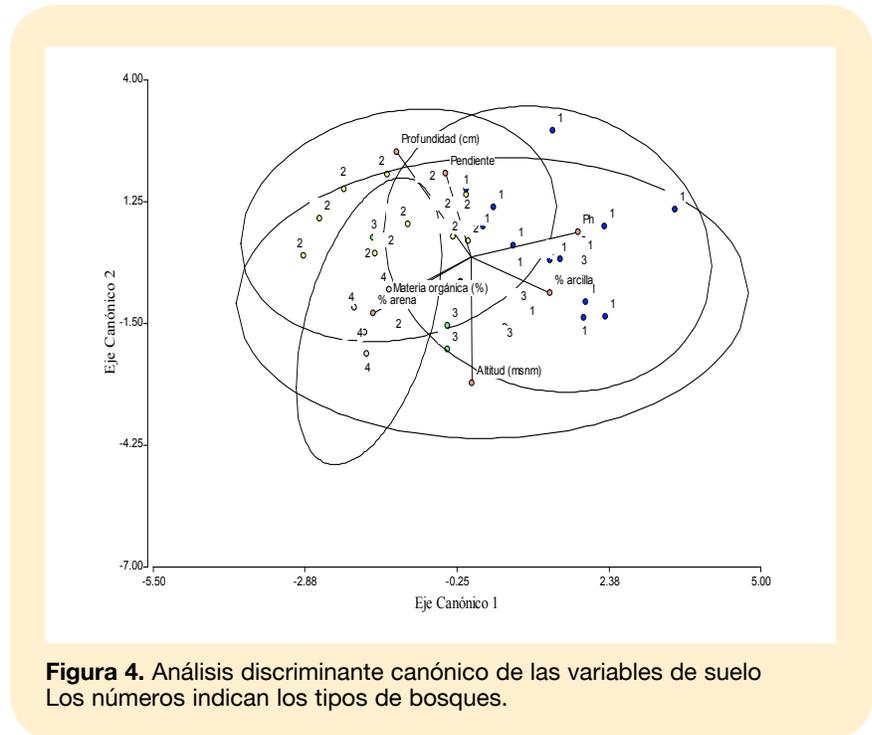


Figura 4. Análisis discriminante canónico de las variables de suelo. Los números indican los tipos de bosques.

de palmas (2,8% del total de individuos); este número de especies de palma es alto en comparación con otros estudios que se han desarrollado en paisajes menos perturbados y en hábitats de bosques primarios intervenidos y manejados. Así por ejemplo, Perdomo (2001) encontró siete especies de palmas en un área de 11,25 ha al sureste del sitio evaluado; Ramos (2004) también encontró siete palmas en un área de

13 ha en la zona Atlántica de Costa Rica. Vandermeer et ál. (1990) y Finegan et ál. (2001) consideran que la presencia de ciertas especies de palmas en un bosque húmedo es un indicador de poca perturbación o intervención durante muchos años.

Los tipos de bosques tuvieron entre 366,25 y 532,62 individuos por hectárea; estas densidades son similares a las de otros bosques húmedos estudiados. Por ejemplo, en La Selva,

Cuadro 3.

Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para la relación de las variables de suelo con los tipos de bosques.

Variables	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4	p
% de arena	45,88 ± 4,66 c	62,38 ± 3,55 b	53,29 ± 5,75 bc	79,50 ± 6,13 a	0,002
% de arcilla	37,63 ± 3,70 a	20,54 ± 2,95 bc	31,86 ± 5,62 ab	10,50 ± 3,95 c	0,0009
% de limo	16,25 ± 2,26	17,08 ± 1,44	14,86 ± 1,44	10,00 ± 2,45	0,34
Materia orgánica (%)	2,08 ± 0,25 b	3,38 ± 0,33 a	2,63 ± 0,42 ab	2,58 ± 0,60 ab	0,02
pH	5,68 ± 0,17 a	5,06 ± 0,07 b	5,26 ± 0,16 ab	4,80 ± 0,14 b	0,004
Profundidad (cm)	79,63 ± 3,93	84,92 ± 2,39	73,43 ± 7,38	75,00 ± 5,00	0,32
Pendiente (%)	13,44 ± 0,75	17,31 ± 2,16	13,57 ± 1,43	15,00 ± 0,00	0,22
Altitud (msnm)	36,38 ± 2,54 ab	30,85 ± 2,81 b	41,14 ± 3,01 a	45,50 ± 6,34 a	0,04

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Costa Rica se encontraron valores entre 356 y 564 árboles/ha y en el Atlántico Norte de Nicaragua entre 568 y 676 árboles/ha (Lieberman y Lieberman 1994, Pérez et ál. 2001).

En cuanto al área basal, los rangos fueron de 14,81 a 22,8 m²/ha. Finegan (1992) encontró un área basal de 16 m²/ha en bosques secundarios de quince años de edad en Costa Rica; Pérez et ál. (2001), por su parte, determinó valores entre 16,3 y 25,2 m²/ha en los bosques del Atlántico Norte de Nicaragua. Los resultados reflejan que la mayoría de los individuos están en las clases diamétricas inferiores y muy pocos individuos en las clases superiores, en gran parte debido al impacto del huracán Juana en 1988 y efectos antropogénicos en la vegetación del paisaje.

Relación de las variables edáficas con los tipos de bosques

Diversos estudios muestran que dentro de una misma región climática las condiciones del suelo pueden influir en la composición florística de los bosques. En el presente estudio, los análisis multivariados y univariados evidenciaron que entre los tipos de bosques 1 y 4 hay diferencias en textura y tipo de suelo. Tuomisto et ál. (2003) encontraron resultados similares en los bosques amazónicos peruanos, donde la textura fue muy importante para describir los patrones florísticos.

En 11 de las parcelas que conformaron el bosque 1, los suelos se clasificaron como Ultisoles. Las cinco parcelas restantes se ubicaban sobre suelos Inceptisoles y Entisoles. El 75% de las parcelas se encontraban en laderas medias y el 25% en planicies, con suelos moderadamente a bien drenados. Entre las especies encontradas en este tipo de bosque están *Carapa guianensis* y *Pterocarpus officinalis* que prefieren sitios con textura arcillosa, planos y con drenaje moderado (Vandermeer

et ál. 1990, Hartshorn y Hammel 1994), o bien *Dendropanax arboreus* y *Tetragastris panamensis* que habitan generalmente en sitios bien drenados (Vandermeer et ál. 1990).

A pesar del grado de destrucción y fragmentación del paisaje, en un muestreo de tan solo 10 ha se identificaron cuatro tipos de bosques con composición y estructura distinta, donde se conservan 149 especies, siete de las cuales son palmas.

En cambio, el bosque 2 se encontró sobre suelos Entisoles e Inceptisoles. El 46% de las parcelas se ubicaron en ladera media, con suelos moderadamente a bien drenados. Herrera y Finegan (1997) señalan que *V. ferruginea* y *Dussia macrophyllata*, especies asociadas a este bosque, típicamente habitan en suelos bien drenados. El bosque 3 se encontró principalmente sobre suelos Entisoles e Inceptisoles, con dos parcelas en suelos Ultisoles. El 43% de las parcelas se distribuyeron en planicies y laderas medias y suelos desde moderadamente a bien drenados. El bosque de *Dipteryx* encontrado por Perdomo (2001) en el sureste de Nicaragua crecía en suelos profundos con drenaje intermedio, lo cual coincide con el drenaje encontrado aquí, aunque los suelos en este bosque son moderadamente profundos. Finalmente el bosque 4 se ubicó sobre suelos Entisoles e Inceptisoles, con suelos moderadamente bien drenados y en laderas medias.

En los bosques húmedos tropicales muchas veces se dificulta obtener muestreos y patrones claros que registren la relación entre la vegetación y el suelo debido a la gran riqueza de especies (Cortés-Castelán e Islebe 2005). En consecuencia, las combinaciones de factores fisicoquímicos y morfológicos pueden ayudar a determinar la estructura y composición florística de un bosque. Sin embargo, a pesar de estos factores en el área de estudio se encontró que los tipos de bosques se distribuyen sobre dos principales tipos de paisajes: a) un paisaje con lomas de Ultisoles (bosque de *Croton*, *Jacaranda* y *Pentaclethra*) y b) un paisaje aluvial (bosque de *Vochysia*, *Xylopia* e *Hirtella*, bosque de *Dipteryx*, *Bactris* y *Coccoloba* y bosque de *Miconia*, *Mosquitoxylum* e *Inga* (Nieuwenhuyse⁸).

A pesar del grado de destrucción y fragmentación del paisaje, en un muestreo de tan solo 10 ha se identificaron cuatro tipos de bosques con composición y estructura distinta, donde se conservan 149 especies, siete de las cuales son palmas. Los cuatro tipos de bosques albergan especies maderables como *D. oleifera*, *V. ferruginea*, *V. koschnyi* y *V. sebifera*, con densidades ≥ 1 ind/ha, lo que coincide con lo reportado por Díaz (2006) en bosques naturales al sureste del área de estudio. Otras especies como *C. guianensis*, *C. pentandra*, *L. ampla* y *S. trichogyna* se encontraron con densidades < 1 ind/ha, aunque Díaz (2006) reporta a *C. guianensis* y *S. trichogyna* como especies comunes en el sureste de Nicaragua.

Conclusión

El estudio demuestra que existen por lo menos cuatro tipos de bosques en la zona, cada uno con su propia composición florística y asociado a diferentes condiciones de sustrato. Es obvio que mantener

⁸ Nieuwenhuyse, A. 2006. Experto en agroforestería tropical. Turrialba, CR. CATIE. Comunicación personal.

muestras representativas de estos cuatro tipos de bosques, tanto en las áreas protegidas, como a lo largo del corredor biológico del Atlántico, es una prioridad para asegurar la conservación de la diversidad florística de la zona a largo plazo. 

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas del área de estudio por su apoyo en este estudio. A Steven Sesnie y Gustavo López por su ayuda con los análisis estadísticos. A Christian Brenes por el trabajo de SIG. A Andreas Nieuwenhuyse por sus excelentes observaciones y recomendaciones para la parte de suelos. A Patricia Hernández, Hugo Brenes, Fergus Sinclair y Lorraine Gormley por la gestión financiera. Al proyecto DARWIN por el financiamiento del estudio. Al Dr. Ricardo Rueda, Alfredo Grijalva e Indiana Coronado por la identificación botánica.

Literatura citada

- Castillo, A. 1997. Factores asociados con el crecimiento de dos bosques húmedos tropicales intervenidos silviculturalmente en Río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 111 p.
- Colwell, RK. 1997. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. V. 5.0.1 (en línea). University Connecticut, USA. Disponible en <http://www.viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Cortés-Castelán, J; Islebe, G. 2005. Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México. *Revista de Biología Tropical* 53(1-2):115-133.
- Delgado, D; Finegan, B. 1999. Biodiversidad vegetal en bosques manejados. *Revista Forestal Centroamericana* 25:14-20.
- Díaz, F. 2006. Evaluación del estado actual de las poblaciones de 23 especies forestales en bosques naturales en el municipio de El Castillo, Río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 76 p.
- Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Turrialba, CR, CATIE. . 28 p. (Serie técnica, Informe técnico no. 188)
- _____. Delgado, D. 2000. Structural and floristic heterogeneity in a 30 year-old Costa Rican rain forest restored on pasture through natural secondary succession. *Restoration Ecology* 8(4):380-393.
- _____. Palacios, W; Zamora, N; Delgado, D. 2001. Ecosystem – level forest biodiversity and sustainability assessments for forest management. *In* Raison, JR; Brown, AG; Flinn, DW. Criteria and indicators for sustainable forest management. Vienna, AT, CABI / IUFRO. p. 341-378.
- Guariguata, MR; Chazdon, RL; Denslow, JS; Dupuy, JM; Anderson, L. 1997. Structure and floristic of secondary and old-growth forest stands in lowland Costa Rica. *Plant Ecology* 132:107-120.
- _____. Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148:185-206.
- Hartshorn, G; Hammel, B. 1994. Vegetation types and floristic patterns. *In* Mcdade, LA; Bawa, KS; Hespeneheide, HA; Hartshorn, GS (eds.). *La Selva: Ecology and natural history of a neotropical rain forest*. Chicago, US, University of Chicago Press. p. 73-89.
- _____. 2002. Biogeografía de los bosques neotropicales. *In* Guariguata, MR; Kattan, GH (eds). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago, CR, EULAC/GTZ. p. 59-81.
- Herrera, B; Finegan, B. 1997. Substrate conditions, foliar nutrients and the distributions of two canopy tree species in a Costa Rican secondary rain forest. *Plant and Soil* 191:259-267.
- Kenamer, WJ. 1996. Microsoft visual FoxPro v 5.0. Microsoft Corporation.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Berlín, DE, GTZ. 335 p.
- Lieberman, M; Lieberman, D. 1994. Patterns of density and dispersion of forest trees. *In* Mcdade, LA; Bawa, KS; Hespeneheide, HA; Hartshorn, GS (eds). *La Selva: Ecology and natural history of a neotropical rain forest*. Chicago, US, University of Chicago Press. p. 106-109.
- Magurran, A. 1988. *Ecología, diversidad y su medición*. Bangor, Inglaterra. 198 p.
- McCune, B; Grace, JB. 2002. *Analysis of ecological communities*. Gleneden Beach, Oregon, US, Software Design. 300 p.
- Murrieta, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 125 p.
- Pérez, MA; Finegan, B; Delgado, D; Louman, B. 2001. Composición y diversidad de los bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua: una base para el manejo sostenible. *Revista Forestal Centroamericana* 34:12-18.
- Perdomo, M. 2001. Herramientas para la planificación del manejo de los bosques a escala de paisaje en el municipio de El Castillo del sudeste de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 139 p.
- Ramos, ZS. 2004. Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 114 p.
- Robledo, CW; Di Rienzo, JA; Guzmán, W; Balzarini, MG; Casanovas, F; González, LA; Tablada, EM. 2000. *Manual de InfoStat/profesional versión 1.6*. Córdoba, AR, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Sánchez M, D. 2006. Criterios ecológicos para la planificación de la conservación en un sector del Corredor Biológico del Atlántico de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 122 p.
- Soil Survey Staff. 2003. *Keys to soil taxonomy*. Washington, US, USDA. 9 ed. 332 p.
- Smith, J; Sabogal, C; Jong, W; Kaimowitz, D. 1997. Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. Bogor, IN, CIFOR. Documento No. 13. 36 p.
- Stevens, W; Ulloa, C; Pool, A; Montiel, O. 2001. *Flora de Nicaragua*. Missouri, US, Missouri Botanical Garden. Monographs in Systematic Botany. 2666 p.
- Tuomisto, H; Poulsen, A; Ruokolainen, K; Moran, R. 2003. Linking floristic patterns with soil heterogeneity and satellite imagery in Ecuadorian Amazonia. *Ecological Application* 13(2):352-371.
- Vandermeer, J; Zamora, N; Yih, K; Boucher, D. 1990. Regeneración inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. *Revista de Biología Tropical* 38(2B):347-359.