

Identificación y caracterización florística de bosques naturales en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica¹

Eduardo Murrieta²; Bryan Finegan³;
Diego Delgado⁴; Róger Villalobos⁵;
José Joaquín Campos⁶

La identificación de tipos de bosques naturales en un corredor es importante porque ayuda a definir las comunidades vegetales existentes en el corredor, lo cual es necesario para la toma de decisiones, tanto de conservación como de manejo sostenible de esos bosques. Los conceptos modernos de conservación de biodiversidad y manejo forestal sostenible deben fundamentarse en el conocimiento de los tipos de bosque de una zona.



Foto: Eduardo Murrieta.

¹ Basado en Murrieta, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 125 p.
² Mag. Sc. en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, CATIE. murrieta@catie.ac.cr
³ Grupo Bosques, Áreas Protegidas y Biodiversidad, CATIE. bfinegan@catie.ac.cr
⁴ Grupo Bosques, Áreas Protegidas y Biodiversidad, CATIE. ddelgado@catie.ac.cr
⁵ Cátedra Latinoamericana de Gestión de Territorios Forestales, CATIE. rvillalo@catie.ac.cr
⁶ Cátedra Latinoamericana de Gestión de Territorios Forestales, CATIE. jcampos@catie.ac.cr

Resumen

Este estudio trata sobre la identificación y caracterización de tipos de bosques naturales en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. El muestreo se centró en la vegetación secundaria por ser la predominante en el corredor. Para la selección de sitios en campo se realizó un muestreo estratificado que tuvo en cuenta variables físico-ambientales, como pendiente, suelos y zonas de vida. La conjugación de estas variables mediante el sistema de información geográfica permitió obtener un mapa con seis estratos para la instalación de las parcelas.

El muestreo se hizo en parcelas temporales de dos tamaños: 50 m x 50 m (0,25 ha) y 20 m x 50 m (0,10 ha), donde se midió la vegetación con dap ≥ 20 cm y ≥ 10 cm respectivamente. Para la clasificación final de la cobertura vegetal se usó el tamaño de parcela de 0,25 ha. Los análisis multivariados agruparon cinco tipos de bosque. Estos bosques fueron nombrados según sus especies indicadoras: 1) *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaragüensis* y *Rollinia pittieri*; 2) *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii* y *Miconia punctata*; 3) *Hampea appendiculata*, *Cecropia obtusifolia* y *Conostegia rufescens*; 4) *Croton draco*, *Citharexylum caudatum* y *Cecropia peltata*; 5) *Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis*, y *Abarema idiopoda*. Los bosques fueron caracterizados y comparados en cuanto a variables como composición, estructura, riqueza y diversidad florística. La distribución de los tipos de bosques se ligó principalmente a cambios altitudinales. Fue posible así elaborar un mapa preliminar de tipos de bosque en función de la variable altitud.

Palabras claves: Bosque natural; corredor biológico; fragmentación del bosque; composición botánica; cobertura vegetal; Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca; Costa Rica.

Summary

Identification and characterization floristic of natural forests in the Volcánica Central-Talamanca Biological Corridor, Costa Rica.

This study identified and characterized natural forest types in the Biological Corridor Volcanica Central Talamanca, Costa Rica. Sampling was focussed on secondary vegetation because it is predominant in the corridor. For selecting field sites, a stratified sampling was conducted taking into account biophysical variables such as slope, soil, and life zones; a six-stratum map was produced to define plots installation.

Sampling was conducted in 2-size temporary plots: 50m x 50m (0.25 ha) and 20 m x 50 m (0.10 ha) where vegetation with dbh ≥ 20 cm and ≥ 10 cm was measured. The final classification of vegetation cover was based on the 0.25 ha plot. The multi-varied analysis defined five forest types, which were named after indicator species: 1) *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaragüensis* and *Rollinia pittieri*; 2) *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii* and *Miconia punctata*; 3) *Hampea appendiculata*, *Cecropia obtusifolia* and *Conostegia rufescens*; 4) *Croton draco*, *Citharexylum caudatum* and *Cecropia peltata*; 5) *Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis* and *Abarema idiopoda*. Forests types were characterized and compared using variables such as composition, structure, richness, and floristic diversity. The distribution of forest types was related principally to altitudinal changes. It was possible to create a preliminary map of forest types as a function of altitude.

Keywords: Natural forest; biological corridor; fragmentation; botanical composition; vegetal cover; Biological Corridor Volcanica Central Talamanca; Costa Rica.

Introducción

La deforestación, degradación y fragmentación de los bosques húmedos tropicales se tienen entre las principales causas de pérdida de biodiversidad en los trópicos (Kattan 2002, Bennett 1999). Es posible que las comunidades de flora y fauna lleguen a extinguirse como consecuencia de estos procesos (Tabarelli et ál. 1999), debido a factores bióticos y abióticos que determinan la viabilidad de las comunidades y de factores antropogénicos que no siempre son fáciles de medir (Guariguata et ál. 2002). En la actualidad, las estrategias de conservación para hacer frente a estos procesos se están enfocando en la planificación integral de grandes territorios (paisajes), basadas en el hecho de que muchos de los procesos ecológicos operan en amplias escalas espacio-temporales (Sanderson et ál. 2002, Hoctor et ál. 2000).

La escala de paisaje es uno de los niveles de evaluación de la biodiversidad más comúnmente usado en los últimos años. En el análisis a escala de paisaje se puede establecer la diversidad y distribución de diferentes tipos de hábitats, el número, tamaño, forma y complejidad de hábitats y la asociación y dispersión entre ellos (Forman y Godron 1981). Bajo el enfoque de escala de paisaje, los corredores biológicos constituyen una estrategia importante de conservación de la biodiversidad. Esta estrategia se basa en mantener la viabilidad de poblaciones de flora y fauna en fragmentos de hábitat, facilitando el paso de individuos de un fragmento a otro (Beier y Noss 1998, Barrett y Bohlen 1991, Rosenberg et ál. 1997, García 2002). La fragmentación es un proceso dinámico que da como resultado cambios marcados en el patrón del hábitat en un paisaje a través del tiempo. Los procesos de fragmentación tienen tres efectos para la biodiversidad: a) pérdida o

destrucción total del hábitat en el paisaje, b) reducción del hábitat y c) aislamiento de los fragmentos de hábitat (Bennett 1999). Por estas razones en los últimos años la ecología del paisaje, con sus teorías y técnicas para evaluar los impactos, se ha convertido en un instrumento para entender, establecer y mitigar los efectos de la fragmentación sobre la conservación de la biodiversidad (Metzger 2000, Crist et ál. 2000).

La clasificación de la vegetación natural ayuda en el diseño de estrategias de conservación a escala de paisaje y en la evaluación de la efectividad de tales estrategias (Jennings 2000). La falta de información sobre tipos de bosques dificulta el poder distinguir los niveles de amenaza y los grados de protección de los distintos tipos de comunidades existentes en un territorio (Jennings 2000). La identificación de tipos de bosques naturales en un corredor es importante porque ayuda a definir las comunidades vegetales existentes en el corredor, lo cual es necesario para la toma de decisiones, tanto

de conservación como de manejo sostenible de esos bosques. Los conceptos modernos de conservación de biodiversidad y manejo forestal sostenible deben fundamentarse en el conocimiento de los tipos de bosque de una zona (Noss 1996, Finegan et ál. 2001). Por ello, la determinación de las características florísticas del bosque en diferentes escalas espaciales constituye una herramienta básica de planificación que permite generar los conocimientos necesarios para la elaboración de los planes de uso, manejo y conservación de la biodiversidad (Matteucci y Colma 1982). A través de esta planificación es posible analizar la estructura, composición y diversidad de la vegetación dominante (Tuomisto 1993) para identificar las asociaciones florísticas (Jennings 2000) que conforman los ecosistemas naturales que existen en el paisaje.

El presente estudio se realizó en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT), ubicado en la provincia de Cartago, Costa Rica (Fig. 1). El deterioro ambiental y la fragmentación de la

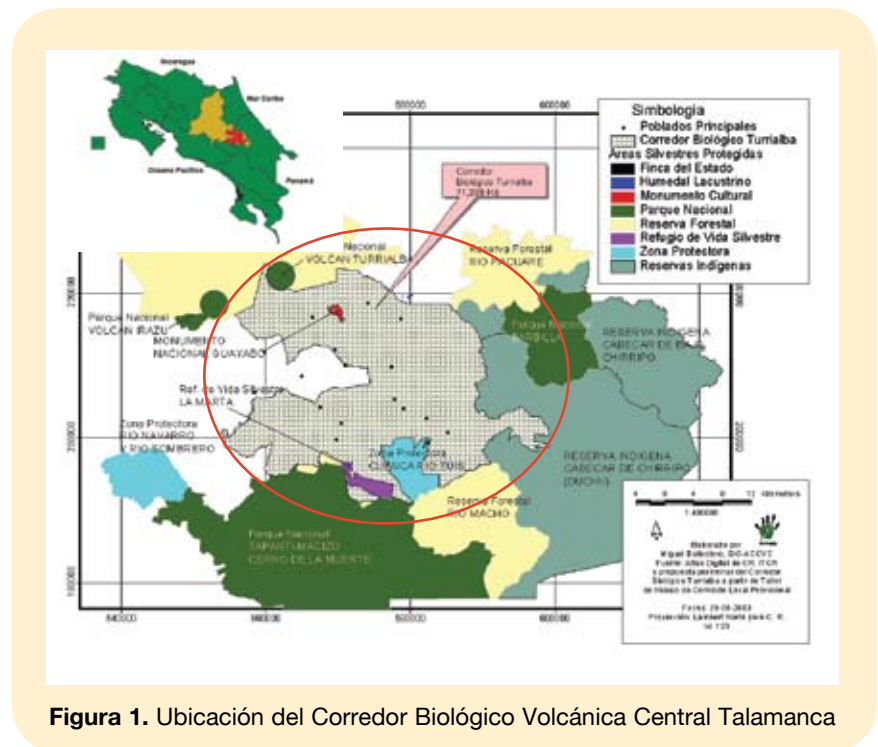


Figura 1. Ubicación del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

cobertura boscosa en el corredor atenta contra la biodiversidad de la región, lo que hace urgente la aplicación de una estrategia de conservación de los recursos naturales. Los objetivos del estudio fueron: 1) identificar, caracterizar y comparar los tipos de bosques naturales en el CBVCT en términos de estructura, composición, riqueza y diversidad florística; 2) determinar la distribución espacial de los tipos de bosque natural dentro del CBVCT. Esta iniciativa busca contribuir al conocimiento y consolidación del manejo del paisaje dentro del corredor, tomando en cuenta aspectos como la caracterización de tipos de ecosistemas naturales y la elaboración de un mapa de tipos de bosque en el CBVCT.

Metodología

El CBVCT tiene una extensión aproximada de 72.000 ha dentro del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCVC). Su rango altitudinal va desde 339 msnm en el distrito de Peralta hasta 3340 msnm en el Volcán Turrialba (Canet 2003). El corredor limita al norte con el Parque Nacional Volcán Turrialba y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central; al oeste con la ciudad de Turrialba, al sur con el Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte, el Refugio Privado de Vida Silvestre La Marta y la Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis, y al este con la Reserva Indígena Cabécar de Chirripó (Fig. 1).

El objetivo del corredor es mantener, mejorar y/o restablecer la conectividad ecológica entre el Parque Nacional Volcán Turrialba, el Monumento Nacional Guayabo, la Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis y la Reserva Privada de Vida Silvestre La Marta, con el fin de mejorar la calidad ambiental del entorno. Las condiciones climáticas que imperan en el CBVCT están influenciadas por el sistema de vientos alisios que incursionan por la

vertiente del Caribe y que aportan el total de la humedad que se distribuye en toda la Cordillera Volcánica Central. El sistema montañoso de la zona proporciona la formación de masas nubosas. La distribución de las lluvias es uniforme a lo largo del año; la precipitación anual es de 2650 mm en la zona norte y centro del CBVCT, y de 6000 mm en la zona sur (Janzen 1991 citado por Canet 2003).

Según la clasificación de Holdridge (1987) y el Atlas de Costa Rica (ITCR 2004), el CBVCT presenta siete zonas de vida y tres transiciones (Cuadro 1). La cobertura boscosa principal es de bosques secundarios con ciertos fragmentos de bosque primario (Murrieta et ál. 2006), aunque también se dan otros usos del suelo como café, pasto, caña. Las zonas de uso mixto predominan sobre las áreas de uso urbano.

Diseño de muestreo

La metodología persigue, en principio, identificar tipos de bosques secundarios por ser el tipo de vegetación predominante en el corredor y determinar su distribución a partir del análisis de características estructurales, de composición y

de diversidad de la vegetación en parcelas temporales establecidas en una muestra del ecosistema dentro del corredor. Para esto se hizo una interpretación usando el software ArcView de las fotos del Proyecto Carta del año 2003 a escala 1:40.000 para hacer el levantamiento de las áreas en dos componentes: las áreas con bosque y sin bosque. También se utilizó la imagen de satélite Landsat TM del año 2003 con resolución 28,5 m x 28,5 m.

Se realizó una estratificación conjugando dos órdenes de la capa de suelos (ITCR 2004): Inceptisoles y Ultisoles y la capa de pendiente. Esta última capa se generó a partir de un modelo de elevación digital y contempló los siguientes rangos de pendiente: 0% a 20%, 20% a 60% y >60%. Las dos categorías de suelo y las tres de pendiente generaron seis estratos. El proceso de selección de los parches de bosque se hizo de tal manera que se abarcaran los diversos estratos establecidos anteriormente. En la selección de los bosques se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

a) *Estado de conservación*: se evitó seleccionar fragmentos con evidencia de intervención humana reciente, como

Cuadro 1.
Zonas de vida presentes en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

Zonas de Vida

Bosque muy húmedo tropical

Bosque húmedo tropical premontano

Bosque muy húmedo tropical premontano

Bosque pluvial tropical premontano

Bosque muy húmedo tropical montano bajo

Bosque pluvial tropical montano bajo

Bosque pluvial tropical montano

Transiciones

Bosque muy húmedo tropical transición a premontano

Bosque muy húmedo premontano transición a pluvial

Bosque húmedo tropical transición a premontano

aprovechamiento de madera. b) *Tamaño y forma*: en lo posible, se evitaron áreas que presentaran efectos de borde; se consideró un área mínima de bosque de 8-10 ha. c) *Facilidad de acceso*: en la etapa de campo se instalaron y midieron 36 parcelas: 29 en bosque secundario y 7 en bosque primario (Fig. 2).

La dimensión de las parcelas fue de 50 m x 50 m (0,25 ha). Se evaluaron árboles con diámetro a la altura del pecho (dap) ≥ 20 cm y palmas y helechos con dap ≥ 10 cm; también se midieron las lianas que presentaran un tallo de circunferencia ≥ 10 cm dap. Al interior de cada parcela se estableció una franja de 20 m x 50 m (0,1 ha) en donde se hizo un muestreo de la vegetación a partir de dap ≥ 10 cm. Se utilizaron dos tamaños de parcelas para determinar si existen diferencias en la caracterización de la cobertura vegetal; sin embargo, la clasificación final se hizo considerando el tamaño de parcela de 0,25 ha. Una vez definidos los tipos de vegetación se utilizó la información reunida en los dos tamaños de parcelas para la caracterización de los bosques. Para la instalación de parcelas se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) En los bosques primarios, las parcelas se instalaron considerando una distancia de por lo menos 150 m del borde del fragmento; en bosques secundarios se consideró una distancia de entre 30 a 50 m desde el borde.
- 2) Se evitaron condiciones atípicas en los fragmentos de bosque; por ejemplo, áreas anegadas o donde se evidencia un mayor o menor desarrollo del rodal.
- 3) El distanciamiento entre parcelas fue de por lo menos 300 m.

La identificación de los individuos a nivel de especie se hizo en campo con la ayuda de Vicente Herra, parataxónomo del Departamento de Recursos Naturales y Ambiente del CATIE. De todos los individuos que no pudieron ser identificados

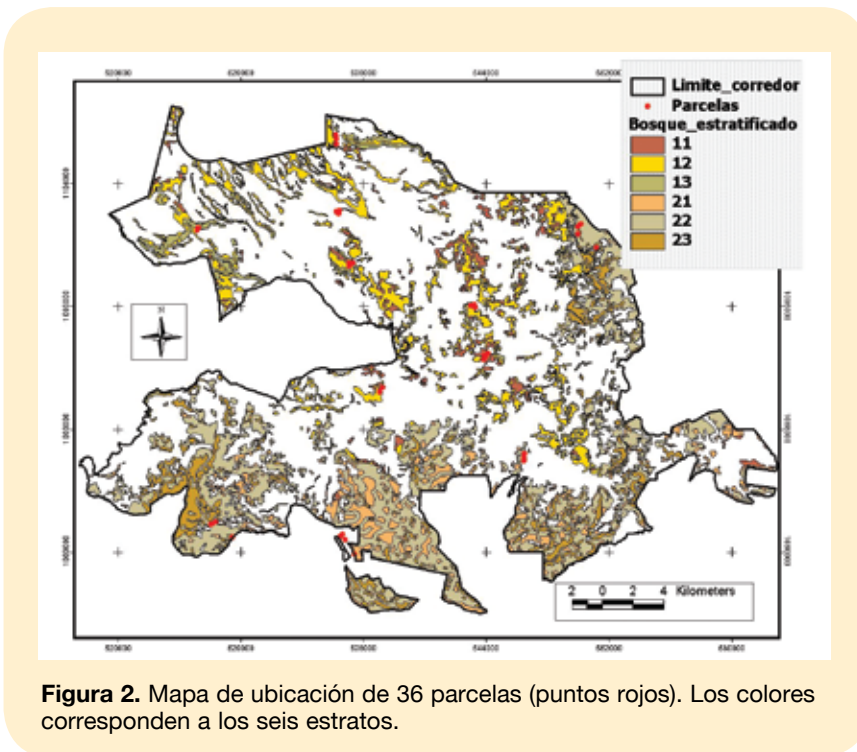


Figura 2. Mapa de ubicación de 36 parcelas (puntos rojos). Los colores corresponden a los seis estratos.

en campo se recolectaron muestras botánicas y se enviaron a Nelson Zamora, curador del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).

Análisis de datos

Todos los análisis estadísticos se hicieron para las parcelas de 0,25 ha y de 0,10 ha por separado. El índice de valor de importancia (IVI) se calculó por parcela para cada una de las especies encontradas. Se aplicaron análisis multivariados utilizando el software PC-ORD v. 4.25 (McCune y Mefford 1999). Para la identificación de tipos de bosque se empleó el 'cluster analysis' y se utilizó la distancia de Sorensen con el método Flexible Beta. Para la selección de un número óptimo de clusters se acudió a la información gráfica de los dendrogramas con las opciones de varias conformaciones de grupos de bosques. Se utilizó el criterio de 'indicator species analysis' (McCune y Grace 2002) con diferente número de grupos como apoyo para la conformación de tipos de bosque; con el nombre de las especies indicadoras

se llegó a nombrar los bosques. En todos estos análisis las parcelas de bosque primario y secundario se analizaron juntas. Las especies utilizadas en el análisis estadístico fueron aquellas presentes en dos o más parcelas; las matrices principales se elaboraron con los valores de IVI.

El análisis *discriminante canónico* se usó para determinar qué variable son las que tienen más peso discriminante en la diferenciación de los tipos de bosque. Se tomaron en cuenta seis variables ambientales: edad del bosque, altitud, pendiente, precipitación, suelos y zonas de vida. Los datos de edad del bosque se obtuvieron mediante entrevistas semi-estructuradas y corroborados mediante visitas al Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), sede de Turrialba. Los datos de altitud y pendiente se obtuvieron del modelo de elevación digital a cada 10 m de altitud. Los datos de precipitación se graficaron para obtener una capa de isoyetas (IMN 1975). Los datos de suelos fueron suministrados por Winowiecki⁷, mientras que los datos

⁷ Leigh Winowiecki. Noviembre 2005. Estudiantes de Doctorado, CATIE. Comunicación Personal.

de zonas de vida se obtuvieron del Atlas de Costa Rica (ITCR 2004).

Una vez que el análisis discriminante canónico estableció qué variable son las que más discriminan en la diferenciación de los tipos de bosque, se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) con la prueba de Duncan y un $\alpha = 0.05$ de las variables que resultaron significativas en el análisis discriminante canónico, para ver si arrojaban diferencias entre variables. También se hizo un análisis de ordenación *'nonmetric multidimensional scaling'* (NMS) con el programa PC-ORD v. 4.25 y su opción "autopiloto"; este es un método efectivo de ordenación mediante un análisis de correspondencia (asociación) de especies / parcelas (McCune y Grace 2002). La medida de distancia utilizada para este análisis fue el coeficiente de Sorensen (ó Bray-Curtis).

Una vez identificados los tipos de bosques se procedió a analizar

y comparar su estructura, composición y diversidad. Para los análisis de estructura, diversidad y riqueza de los tipos de bosque se utilizaron solo las especies de las 29 parcelas muestreadas en bosque secundario, por ser las que más predominan en el área de estudio. Para cada uno de los tipos de bosque identificados se hicieron los cálculos de medias por parcela para número de especies, densidad (N/ha), área basal (m^2/ha), distribución por clases diamétricas del número de individuos y área basal. Se calcularon tres índices de diversidad: Shannon (H'), Simpson (D), el α de Fisher (Magurran 1989), empleando el programa EstimateS v. 5.0.1 (Colwell 1997). También se calculó el índice de equidad (Magurran 1989). Se aplicaron pruebas de ANDEVA con la prueba estadística de Duncan a todas las variables para ver si mostraban diferencias estadísticas entre los tipos de bosque.

Elaboración preliminar del mapa potencial de tipos de bosque

Para la elaboración preliminar del mapa potencial de tipos de bosque se utilizó la cobertura de bosque (mapa preliminar de cobertura boscosa elaborado en la etapa de diseño de muestreo). El modelo de elevación digital se reclasificó en cinco rangos altitudinales según el número de tipos de bosque establecidos anteriormente. Por medio de ArcView se obtuvo el mapa potencial preliminar de tipos de bosques en el CBVCT. Este mapa muestra gráficamente la distribución y extensión espacial de los tipos de bosque en el corredor. Esta información sirvió como base para establecer una propuesta de red de conectividad en el área (Murrieta et al, pág. 69 en este mismo número); asimismo, se espera que sirva como herramienta de gestión para la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de los bosques en el CBVCT.

Resultados

Determinación de tipos de bosque dentro del CBVCT

Los resultados del análisis de conglomerados se presentan en las figs. 3 y 4. Para ambos tamaños de parcelas, fue posible distinguir cinco tipos de bosques. Según el discriminante canónico, la altitud fue la variable con más peso discriminante en la determinación de los tipos de bosque; el ANDEVA confirmó el resultado del análisis anterior. Las variables pendiente y precipitación no mostraron diferencias entre tipos de bosque (Cuadro 2). Los bosques 3 y 4 fueron los de mayor edad y el bosque 4 se encuentra a mayores elevaciones que los demás tipos de bosque. El análisis de ordenación – NMS a nivel de las parcelas de 0,10 ha y 0,25 ha mostró la misma tendencia de agrupamiento de los cinco tipos de bosque identificados en el análisis multivariado.

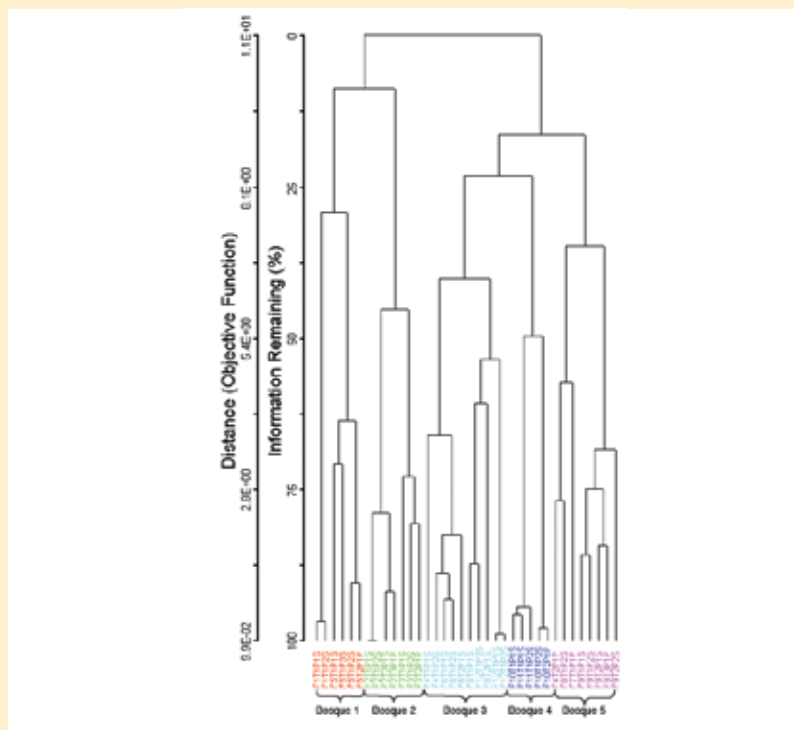


Figura 3. Resultado del análisis de conglomerados en parcelas de 0,25 ha en bosques naturales del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

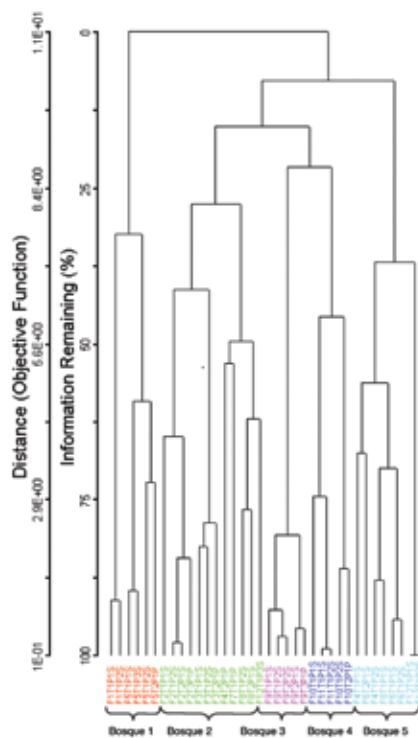


Figura 4. Resultado del análisis de conglomerados en parcelas de 0,10 ha en bosques naturales del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

Descripción florística de los tipos de bosque

Las especies más importantes por parcela y por tipo de bosque se determinaron con el IVI. Del análisis de especies indicadoras se muestran las cinco primeras especies con valor indicador estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$) según la prueba de Monte Carlo, para cada uno de los tipos de bosque (Cuadro 3).

Los grupos de especies indicadoras obtenidos para ambos tamaños de parcelas resultaron ser muy parecidos. Por lo tanto, en función de estos resultados, se definieron los siguientes cinco tipos de bosques:

- Bosque 1: *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaragüensis* y *Rollinia pittieri* en un rango altitudinal de 415 a 753 msnm. En este bosque, las especies con mayor porcentaje de IVI

fueron: *Clethra mexicana*, *Rollinia pittieri*, *Cecropia insignis*, *Cordia alliodora* y *Virola koschnyi*.

- Bosque 2: *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii* y *Miconia punctata* en un rango altitudinal de 753 a 1012 msnm. Las especies con mayor porcentaje de IVI fueron: *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii*, *Tetrorchidium euryphyllum* y *Alsophila cuspidata*.

- Bosque 3: *Hampea appendiculata*, *Cecropia obtusifolia* y *Conostegia rufescens* en un rango altitudinal de 1012 a 1187 msnm. Este bosque muestra una mayor proporción de parcelas ubicadas en bosque secundario. Las especies con mayor porcentaje de IVI fueron: *Heliocarpus appendiculatus*, *Conostegia rufescens*, *Hampea appendiculata* e *Inga oerstediana*.

- Bosque 4: *Croton draco*, *Citharexylum caudatum* y *Cecropia peltata* en un rango altitudinal de 1275 a 1739 msnm. Igualmente, en este tipo de bosque hay una mayor proporción de parcelas ubicadas en bosque secundario. Las especies con mayor porcentaje de IVI fueron: *Cyathea microdonta*, *Cecropia peltata*, *Heliocarpus appendiculatus* e *Inga latipes*.

- Bosque 5: *Croton schiedeianus*, *Alfaroa costaricensis* y *Abarema idiopoda* en un rango altitudinal de 1187 a 1275 msnm. Las especies con mayor porcentaje de IVI fueron: *Cyathea microdonta*, *Alfaroa costaricensis*, *Croton schiedeianus* y *Miconia theizans*.

Cuadro 2.

Valores promedio y error estándar para las variables ambientales por tipos de bosque identificados en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

Variables ambientales	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4	Bosque 5	Pr > F
Edad (años)	23.33 ± 1.05 b	21.83 ± 0.79 b	30.00 ± 0.0 a	28.00 ± 1.22 a	22.25 ± 1.28 b	0.0001
Altitud (msnm)	584.67 ± 84.12 d	896.83 ± 57.29 c	1258.40 ± 33.31 b	1507.60 ± 109.05 a	1066.38 ± 28.71 bc	0.0001
Pendiente (%)	13.54 ± 2.01 a	13.78 ± 3.17 a	12.55 ± 4.92 a	10.56 ± 4.94 a	17.20 ± 3.08 a	0.8141
Precipit. (mm)	3211.60 ± 143.23 a	3348.50 ± 115.09 a	3027.10 ± 145.59 a	3124.70 ± 200.76 a	3180.40 ± 37.03 a	0.4592

Pr > F $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes

Cuadro 3.

Especies indicadoras por tipo de bosque, estadísticamente significativas para un $p \leq 0.05$ para tamaños de parcelas de 0,25 ha y 0,10 ha

Parcelas de 0,25 ha				Parcelas de 0,10 ha			
Especies	Tipo bosque	Valor indicador	P	Especies	Tipo bosque	Valor indicador	P
<i>Clarisia biflora</i>	1	66.7	0.001	<i>Clarisia biflora</i>	1	66.7	0.001
<i>Ocotea nicaraguensis</i>	1	66.7	0.001	<i>Ocotea nicaraguensis</i>	1	66.7	0.001
<i>Rollinia pittieri</i>	1	66.7	0.001	<i>Iriartea deltoidea</i>	1	66.7	0.001
<i>Iriartea deltoidea</i>	1	66.7	0.002	<i>Rollinia pittieri</i>	1	66.7	0.002
<i>Clethra mexicana</i>	1	53.3	0.003	<i>Carapa guianensis</i>	1	50.0	0.003
<i>Vismia macrophylla</i>	2	85.7	0.001	<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	2	41.1	0.029
<i>Miconia punctata</i>	2	71.4	0.001	<i>Vismia macrophylla</i>	2	41.7	0.030
<i>Vochysia allenii</i>	2	69.5	0.002	<i>Vochysia allenii</i>	2	39.3	0.041
<i>Simarouba amara</i>	2	60.6	0.003	<i>Hampea appendiculata</i>	3	82.5	0.001
<i>Jacaranda copaia</i>	2	57.1	0.003	<i>Inga oerstediana</i>	3	49.5	0.007
<i>Hampea appendiculata</i>	3	88.5	0.001	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	3	49.4	0.009
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	61.8	0.001	<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	46.5	0.012
<i>Sapium pachystachys</i>	3	40.0	0.018	<i>Inga punctata</i>	3	41.5	0.038
<i>Conostegia rufescens</i>	3	38.2	0.026	<i>Piper palmanum</i>	4	56.1	0.001
<i>Inga punctata</i>	3	36.7	0.027	<i>Croton draco</i>	4	62.4	0.002
<i>Citharexylum caudatum</i>	4	60.0	0.002	<i>Citharexylum caudatum</i>	4	60.0	0.002
<i>Croton draco</i>	4	57.5	0.002	<i>Cecropia peltata</i>	4	61.5	0.004
<i>Cecropia peltata</i>	4	63.2	0.003	<i>Miconia trinervia</i>	4	48.8	0.010
<i>Cedrela tonduzii</i>	4	59.2	0.003	<i>Miconia sp. 01</i>	5	100.0	0.001
<i>Miconia trinervia</i>	4	47.3	0.005	<i>Inga pezizifera</i>	5	95.3	0.001
<i>Croton schiedeanus</i>	5	58.8	0.002	<i>Croton schiedeanus</i>	5	83.0	0.001
<i>Alfaroa costaricensis</i>	5	50.0	0.008	<i>Abarema idiopoda</i>	5	80.0	0.001
<i>Licania sparsipilis</i>	5	37.5	0.015	<i>Alfaroa costaricensis</i>	5	80.0	0.001
<i>Abarema idiopoda</i>	5	37.5	0.017				
<i>Inga pezizifera</i>	5	49.1	0.019				

Análisis estructural, diversidad y riqueza en los cinco tipos de bosque

En cuanto al número total de individuos, el ANDEVA mostró diferencias estadísticas sólo a nivel de la parcela de 0,10 ha. Para este tamaño de parcela, el bosque 5 tuvo en promedio más individuos (1100 ± 90) por hectárea que los demás bosques (Cuadro 4). El área basal mostró

diferencias significativas en los dos tamaños de parcelas; el bosque 4 tuvo el mayor promedio de área basal ($21,55 \pm 2,73$ para la parcela de 0,25 ha y $33,00 \pm 1,92$ para la parcela de 0,10 ha) (Cuadros 5a y 5b).

Con respecto al análisis de riqueza en la parcela de 0,25 ha, el bosque 1 es el que tiene la mayor riqueza de especies y los bosques 2 y 3 la más baja (Cuadro 6a). En la parcela de

0,10 ha, los bosques 5 y 1 son los que tienen mayor riqueza de especies y el bosque 3 la menor (Cuadro 6b). De acuerdo con los índices α de Fisher y Shannon, el bosque 1 es el más diverso para los dos tamaños de parcela. Para el índice de Simpson se consideró una probabilidad del 10% ($\alpha = 0.1$) para explicar las diferencias estadísticas establecidas; aquí también el bosque 1 resultó ser

Cuadro 4.

Promedios y error estándar del número de individuos (N/ha), para los cinco tipos de bosque en parcelas de 0,10 ha considerando árboles con un dap ≥ 10 cm

	Bosque 1 N/ha	Bosque 2 N/ha	Bosque 3 N/ha	Bosque 4 N/ha	Bosque 5 N/ha	Pr > F
Total (N)	536.00 \pm 60.97 c	661.25 \pm 53.99 bc	480.00 \pm 52.85 c	757.50 \pm 101.36 b	1100.00 \pm 90.00 a	0.0001

ANDEVA Pr > F $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$; letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes.

Cuadro 5.

Promedios y error estándar de áreas basales G (m²/ha), para los cinco tipos de bosque

a) parcelas de 0,25 ha considerando árboles con dap ≥ 20 cm

b) parcelas de 0,10 ha considerando árboles con dap ≥ 10 cm

a)

	Bosque 1 G (m ² /ha)	Bosque 2 G (m ² /ha)	Bosque 3 G (m ² /ha)	Bosque 4 G (m ² /ha)	Bosque 5 G (m ² /ha)	Pr > F
Total (G)	20.897 \pm 2.07 a	12.378 \pm 2.61 b	12.837 \pm 1.98 b	21.548 \pm 2.73 a	18.733 \pm 2.96 ab	0.0320

b)

	Bosque 1 G (m ² /ha)	Bosque 2 G (m ² /ha)	Bosque 3 G (m ² /ha)	Bosque 4 G (m ² /ha)	Bosque 5 G (m ² /ha)	Pr > F
Total (G)	25.859 \pm 2.19 ab	23.898 \pm 3.45 b	14.817 \pm 1.14 c	33.00 \pm 1.92 a	28.681 \pm 3.38 ab	0.0011

ANDEVA Pr > F $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$; letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes.

Cuadro 6.

Promedio y error estándar para índices de diversidad, equidad y número de especies para los cinco tipos de bosque

a) parcelas de 0,25 ha

b) parcelas de 0,10 ha

a)

Indice	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4	Bosque 5	Pr > F
α Fisher	24.32 \pm 3.85 a	6.06 \pm 1.32 b	8.26 \pm 1.58 b	12.39 \pm 2.51 b	10.98 \pm 3.17 b	0.0004
Shannon	3.09 \pm 0.11 a	1.89 \pm 0.30 c	2.14 \pm 0.16 bc	2.66 \pm 0.18 ab	2.50 \pm 0.25 abc	0.0062
Simpson	0.04 \pm 0.00 b	0.26 \pm 0.11 a	0.17 \pm 0.04 ab	0.08 \pm 0.02 ab	0.11 \pm 0.03 ab	0.0965
Equidad	0.65 \pm 0.00 a	0.51 \pm 0.06 b	0.57 \pm 0.02 ab	0.61 \pm 0.01 ab	0.58 \pm 0.02 ab	0.0762
Especies	28.20 \pm 3.06 a	13.00 \pm 2.24 b	14.80 \pm 2.19 b	22.00 \pm 4.38 ab	20.60 \pm 3.96 ab	0.0136

b)

Indice	Bosque 1	Bosque 2	Bosque 3	Bosque 4	Bosque 5	Pr > F
α Fisher	28.53 \pm 7.58 a	10.48 \pm 2.80 b	8.33 \pm 1.68 b	10.28 \pm 1.64 b	13.76 \pm 4.45 b	0.0088
Shannon	3.02 \pm 0.11 a	2.34 \pm 0.19 b	2.29 \pm 0.12 b	2.55 \pm 0.21 ab	2.85 \pm 0.18 ab	0.0228
Simpson	0.05 \pm 0.01 b	0.15 \pm 0.03 a	0.12 \pm 0.02 ab	0.11 \pm 0.04 ab	0.07 \pm 0.01 ab	0.0662
Equidad	0.64 \pm 0.01 a	0.56 \pm 0.02 a	0.59 \pm 0.02 a	0.58 \pm 0.03 a	0.59 \pm 0.01 a	0.1346
Especies	27.40 \pm 3.01 a	19.00 \pm 3.05 ab	14.75 \pm 1.60 b	21.25 \pm 2.29 ab	28.75 \pm 5.28 a	0.0154

ANDEVA Pr > F $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$; letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes.

el más diverso. El índice de equidad a una probabilidad del 10% muestra diferencia estadística sólo en la parcela de 0,25 ha, en donde el bosque 1 presenta una mayor equidad (distribución más homogénea de individuos por especies) que el bosque 2 (Cuadros 6a y 6b).

Elaboración del mapa preliminar de distribución potencial de tipos de bosque

En este estudio solo se muestreó la cobertura vegetal natural en un rango altitudinal de 400 a 1800 msnm. El mapa preliminar mostró que el 19% de la cobertura boscosa potencialmente corresponde al bosque 1, el 25% al bosque 2, el 19% al bosque 3, el 9% al bosque 4, el 21% al bosque 5 y el 7% restante no fue muestreado. El bosque 2, el de mayor extensión, se ubica en la zona sur del corredor principalmente, mientras que el de menor extensión - el bosque 4 - se distribuye como bosque ribereño en la zona norte del corredor, con núcleos de cobertura boscosa en la zona sur (Fig. 5).

La composición florística de la cobertura vegetal natural en el CBVCT se relacionó principalmente con la altitud, la variable ambiental que más explica las diferencias entre los bosques del corredor.

Discusión

La composición florística de la cobertura vegetal natural en el CBVCT se relacionó principalmente con la altitud, la variable ambiental que más explica las diferencias entre los bosques del corredor. En Costa Rica, la vegetación de las cordilleras no sólo es rica y diversa, aun en sus partes más altas, sino que sus elevaciones medias contienen la flora de mayor importancia taxonómica y fitogeográfica (Gómez 1986 citado por Hammel et ál. 2004). Para la vertiente del Caribe, los

límites florísticamente más diversos se encuentran entre 500 y 1500 msnm (Gómez 1986 citado por Hammel et ál. 2004).

La aplicación de los análisis estadísticos (multivariado y de ordenación) contribuyeron con resultados importantes para la identificación de los tipos de bosques. Ambos análisis definieron el agrupamiento y explicaron la ordenación de las especies y su relación con las parcelas. Para los análisis multivariados se necesita de la experiencia de los investigadores para poder definir la tipificación con base en las conocidas interacciones entre composición y sustrato a nivel de campo (Mateucci y Colma 1982, Krebs 1997). Estas metodologías para la clasificación y ordenación de la vegetación vienen siendo utilizadas muy a menudo en diferentes estudios ya que sus aplicaciones son diversas; ver por ejemplo, Ramos (2004), Bonifaz (2003), Serrano (2003), Pérez (2000) y Gallo (1999).

Los bosques identificados fueron nombrados por las especies indicadoras más representativas y dominantes al igual que lo hicieron (Ramos 2004 y Gallego 2002). Las parcelas muestreadas en bosque primario y secundario no se diferenciaron en cuanto a composición florística, probablemente debido a la cercanía entre unas y otras. Se considera que por efecto del viento, gravedad y otros vectores dispersores, la dispersión de semillas desde la fuente en el bosque primario llega hasta el bosque secundario, haciendo similares sus composiciones.

Guariguata et ál. (2001) señalan que hay una secuencia de acontecimientos y procesos que ocurren durante la sucesión secundaria. Esta secuencia comienza con la colonización inicial del sitio por especies pioneras y especies del sotobosque hasta culminar finalmente con una composición de especies similares a las del bosque maduro. Esta secuencia de acontecimientos ocurre en todas las sucesiones.

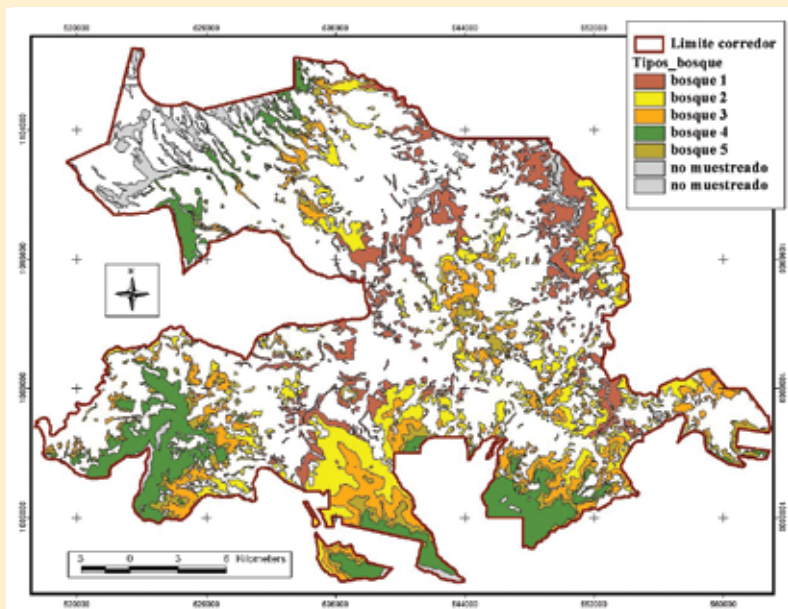


Figura 5. Mapa preliminar de distribución potencial de los cinco tipos de bosque, obtenidos a partir de la caracterización de la cobertura vegetal en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca



El Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca presenta al menos cinco tipos de bosque secundario de acuerdo a la composición florística que presentan

Las características estructurales del bosque secundario tropical húmedo rápidamente pueden acercarse a las de un bosque maduro cuando el uso de la tierra no ha sido sumamente intensivo, aunque no así las características de composición (Guariguata et ál. 1997). Los bosques 1 y 5 muestran una alta riqueza y diversidad de especies, lo que se explica por el hecho de que las parcelas que conforman estos tipos de bosque se distribuyeron sobre una superficie más grande, permitiendo el cambio de composición de especies entre parcelas (diversidad β). El bosque 5 también mostró la mayor densidad de individuos; indudablemente, esto demuestra la importancia de la conservación y manejo sostenible de estas comunidades vegetales para el corredor y la región.

La composición florística y el análisis estructural de la vegetación natural proporcionaron elementos importantes para la conservación de estos recursos en el CBVCT. El 40% del área del corredor (72.000 ha) corresponde a cobertura bosco-

sa. Si bien tal cobertura no alcanza ni la mitad del territorio, es muy relevante como objeto de conservación en el área por varias razones. 1) La presencia de numerosas especies endémicas (*Abarema racemiflora*, *Croton megistocarpus*, *Inga latines*, *Maytenus recondita*, *Povedadaphne quadriporata*); 2) la presencia de especies escasas o raras (*Cornus peruviana*, *Couepia platycalex*, *Esenbeckia pentaphylla*); 3) especies registradas por primera vez para la vertiente del Caribe (*Licania sparsipilis*, *Macrohasseltia macroterantha*, *Maytenus recondita*, *Miconia dolichorrhynchia*, *Miconia holosericea*, *Ocotea pullifolia*, *Gimnanthes riparia*, *Salacia petenensis*, *Pouteria juruana*). Todo ello trae implicaciones prácticas para el manejo de la vegetación natural⁸. Así, la estrategia del corredor deberá en principio procurar la conservación de muestras representativas de las comunidades naturales caracterizadas y también orientar esfuerzos que contribuyan a mejorar el uso de la tierra con actividades

más amigables con el ambiente. Se hace énfasis en que la información a partir de la caracterización de los cinco tipos de bosque con sus respectivas especies indicadoras puede ser útil para efectos de conservación de la biodiversidad y orientación de futuros trabajos que busquen fortalecer la gestión del corredor.

Conclusiones


- Desde el punto de vista de biodiversidad a nivel de ecosistemas se tiene que el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, presenta al menos cinco tipos de bosque secundario de acuerdo a la composición florística que presentan.
- Los principales patrones de distribución de los cinco tipos de bosque en el corredor está asociada principalmente a la variable altitud.
- Los bosques 1 (*Clarisia biflora*, *Ocotea nicaraguensis* y *Rollinia pittieri*) y 5 (*Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis* y *Abarema idiopoda*) son los de mayor riqueza y diversidad de especies. El bosque 5, presenta la mayor densidad de individuos por hectárea, mientras que el bosque 4 (*Croton draco*, *Citharexylum caudatum* y *Cecropia peltata*), resultó ser el de mayor área basal, lo cual da una idea sobre el estado de la sucesión y por consiguiente, de la recuperación de las coberturas que han sido afectadas antrópicamente.
- Desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, estos cinco tipos de bosque son importantes para el corredor. El bosque 1 con mayor riqueza y diversidad se encuentra representado en un 19% de la cobertura boscosa, mientras que el bosque 4 con un 9% de la cobertura boscosa, es el que presenta menor área dentro del corredor.

⁸ Nelson Zamora. Agosto, 2006. Botánico, Curador Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Comunicación escrita de las especies encontradas en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

Recomendaciones

■ En próximos estudios de investigación en la zona se debieran realizar muestreos en las áreas cuyos rangos altitudinales (<400 msnm y >1800 msnm) no fueron abordados por este estudio, con la finalidad de determinar si existe un tipo de bosque distinto a las cinco comunidades vegetales encontradas.

■ El presente estudio a escala de paisaje contribuye de manera preliminar al conocimiento de los tipos de bosques en el CBVCT; queda la tarea de mantener y proteger muestras representativas de estas comunidades vegetales naturales acorde con una planificación del recurso en la zona. Una alternativa viable sería establecer cier-

tas categorías de áreas protegidas al interior del corredor a través de esfuerzos públicos o privados, así como mecanismos de pago por servicios ambientales, entre otras iniciativas de conservación. 

Literatura consultada

- Barrett, GW; Bohlen, PJ. 1991. Landscape ecology. In Hudson, WE. Landscape linkages and biodiversity. Washington, DC, Island Press. p. 149-161.
- Beier, P; Noss, RF. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12(6):1241-1250.
- Bennett, AF. 1999. Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Suiza / Cambridge, UK, IUCN. 254 p.
- Bonifaz, C. 2003. Caracterización florística de dos sitios en el bosque húmedo costero cabecera de Muisne, Esmeraldas - Ecuador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 78 p.
- Canet, L. 2003. Ficha técnica del Corredor Biológico Turrialba - Jiménez. San José, CR, Minae. 75 p.
- Colwell, RK. 1997. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. V. 5.0.1 (en línea). University Connecticut. Disponible en <http://www.viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Crist, JP; Kohley, WT; Oakleaf, J. 2000. Assessing land-use impacts on biodiversity using an expert systems tool. *Landscape Ecology* 15:47-62.
- Finegan, B; Palacios, W; Zamora, N; Delgado, D. 2001. Ecosystem-level forest biodiversity and sustainability assessments for forest management. In Raison, RJ; Brown, AG; Flinn, DW. Criteria and indicators for sustainable forest management. Vienna, AT, CABI Publishing/IUFRO. p. 341-378.
- Forman, RTT; Godron, M. 1981. Patches and structural components for landscape ecology. *BioScience* 31(10):733-740.
- Gallego, B. 2002. Estructura y composición de un paisaje fragmentado y su relación con especies indicadoras en una zona de bosque muy húmedo tropical, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.
- Gallo, M. 1999. Identificación de tipos de bosques primarios en la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 65 p.
- García, H. 2002. Biología de la conservación: conceptos y prácticas. Heredia, CR, INBio. 166 p.
- 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.
- ; Kattan, GH. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Cartago, CR. EULAC/GTZ. 691 p.
- ; Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148:185-206.
- Hammel, BE; Grayum, MH; Herrera, C; Zamora, N. 2004. Manual de plantas de Costa Rica. Missouri Botanical Garden Press. Volumen I. 299 p.
- Hector, TS; Carr, MH; Zwick, PD. 2000. Identifying a linked reserve system using a regional landscape approach: The Florida Ecological Network. *Conservation Biology* 14(4):984-1000.
- Holdridge, LR. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, CR, IICA.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 1975. Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica. San José, CR, Proyecto Servicio Hidrológico y Meteorológico - Instituto Costarricense de Electricidad. 445 p.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 2004. Atlas de Costa Rica (en línea). Consultado el 12-11-2004. <http://www.esri.com/software/arcexplorer/aedown/oaad.html>.
- Jennings, MD. 2000. Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landscape Ecology* 15:5-20.
- Kattan, GH. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. In Guariguata, MR; Kattan, GH. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Cartago, CR. EULAC/GTZ. p 561-590.
- Krebs, CJ. 1997. Ecological methodology. University of British Columbia, 2 ed. 607 p.
- Magurran, AE. 1989. Diversidad ecológica y su medida. Barcelona, ES, ed. Vedral. 200 p.
- Matteucci, SD; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. New York, US, OEA. 163 p.
- McCune, B; Grace, JB. 2002. Analysis of ecological communities. Glenden Beach, Oregon, US, Software Design. 300 p.
- ; Mefford, MJ. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data Version 4. MjM Glenden Beach, Oregon, US, Software Design. 237 p.
- Metzger, JP. 2000. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. *Ecological Applications* 10(4):1147-1161.
- Murrieta, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 125 p.
- Noss, RF. 1996. Ecosystems as conservation targets. *Trends in Ecology and Evolution* 11:351.
- Pérez, MA. 2000. Fitosociología de los bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte Nicaragüense, una base para el manejo sostenible. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 130 p.
- Ramos B, 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.
- Rosenberg, DK; Noon, BR; Meslow, EC. 1997. Biological corridors: form, function, and efficacy. *Bioscience* 47(10):677-687.
- Sanderson, EW; Redford, KH; Vedder, A; Coppolillo, PB; Ward, SE. 2002. A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements. *Landscape and Urban Planning* 58:41-56.
- Serrano, M. 2003. Estructura y composición de bosques montanos subtropicales y sus implicaciones para la conservación y el manejo de los recursos forestales en la serranía del Itiño, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 142 p.
- Tabarelli, M; Mantovani, W; Peres, CA. 1999. Effects of habitats fragmentation on plant guild structure in montage Atlantic Forest of southeastern of Brazil. *Biological Conservation* 91:119-127.
- Tuomisto, H. 1993. La vegetación de terrenos no inundables (tierra firme) en la selva baja de la Amazonía peruana. In Kalliola, R; Puhakka, M; Danjoy, W. (eds.). Amazonía peruana. Jyväskylä, FI, PAUT / ONERN. p. 139-153.