

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**CARACTERIZACIÓN DE COBERTURA VEGETAL Y PROPUESTA
DE UNA RED DE CONECTIVIDAD ECOLÓGICA EN EL CORREDOR
BIOLÓGICO VOLCÁNICA CENTRAL - TALAMANCA, COSTA RICA**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

Magister Scientiae en

Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

Por

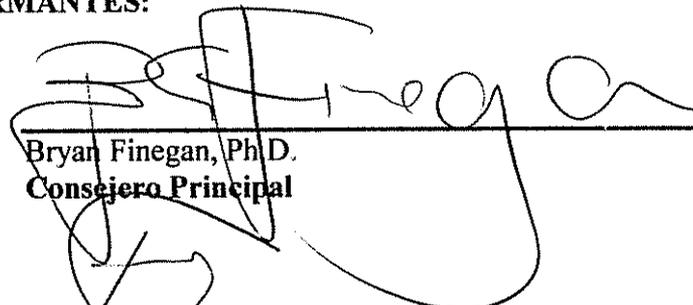
Eduardo Murrieta Arévalo

Turrialba, Costa Rica, 2006

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

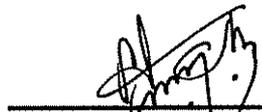
Magister Scientiae en
Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

FIRMANTES:

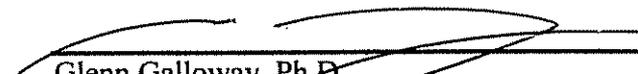

Bryan Finegan, Ph.D.
Consejero Principal


José Joaquín Campos, Ph.D.
Miembro del Comité Consejero


Luis Diego Delgado, M.Sc.
Miembro del Comité Consejero


Sergio Velásquez, M.Sc.
Miembro del Comité Consejero


Roger Villalobos, M.Sc.
Miembro del Comité Consejero


Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado


Eduardo Murrieta Arévalo
Candidato

DEDICATORIA

A un amigo muy especial que es Dios, por su apoyo y brindarme mucha salud en todo
Momento y por hacer realidad este sueño que me permitió alcanzar la meta
A los dos amores de mi vida Jacqueline mi esposa y Edú mi hijo
Que estuvieron siempre apoyándome en todo momento
A mis padres y hermanos que desde lejos
Me dieron siempre mucha
Fuerza, aliento y
Confíaron
En
Mi

AGRADECIMIENTOS

A la Cooperación Técnica Belga, quien me apoyó con gran parte del financiamiento para realizar mis estudios de maestría en el CATIE.

Al Dr. Bryan Finegan por su conocimiento, y valioso apoyo como asesor principal en el proyecto de tesis. Mil gracias Dr. Finegan por que en donde esté, tendré siempre presente a un gran amigo y a un buen profesional como usted.

A Diego Delgado, un gran mae y morado pura vida, que siempre me estuvo apoyando en todo momento. Gracias Dieguín por tu amistad y las constantes orientaciones y correcciones de los borradores de éste documento.

Al Dr. J.J. Campos, por su valioso aporte y apoyo en la tesis y a Roger Villalobos y Sergio Velásquez por sus acertadas orientaciones como miembros del comité de tesis.

A Nelson Zamora por la calidad profesional que le caracteriza y echarle muchas ganas a la identificación de las muestras botánicas.

A Gustavo López por brindarme su valioso tiempo y apoyo incansable en los análisis estadísticos.

A Hugo Brenes por su apoyo y ser tan ordenado para trabajar la base de datos, Lidieth, José Masís y Christian Brenes por el gran apoyo aportado en la tesis. A Chente y a Leo, mis especiales agradecimientos por tantas mojadadas, embarradas, caídas y subidas por los piques y peñascos y eternas horas de trabajo en el bosque.

Reconocimiento a los pobladores del corredor, donde fue posible realizar mi trabajo, a mis compañeros “Los Boscosos” y a toda la promo 2004-2005, con quienes la pasamos chévere.

A mis compatriotas, muy en especial para Fernando (popular Pío), Marilú (popular calidad), Felipe Pent (nuestro querido guaraná), y a los amigos(as) de posgrado, muy en especial para Hannia por su humildad, eficiencia y gran calidad humana.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la ciudad de Pucallpa, en la Amazonía peruana el 16 de mayo de 1968. Realizó estudios superiores en la ciudad de Lima, graduándose en la Universidad Nacional Federico Villarreal, en la carrera de Ingeniería Geográfica. El desempeño profesional lo hizo durante los diez últimos años, habiéndose dedicado los primeros cinco años en trabajos relacionados a Cartografía en el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en la ciudad de Lima.

Posteriormente forma parte del equipo técnico en el proyecto de Clasificación de Uso Mayor de la Tierra con énfasis participativo en la ciudad de Puerto Maldonado, en el departamento de Madre de Dios. Terminado este proyecto pasa a formar parte del equipo técnico en el proyecto Catastro Integral en la Zona Reservada Tambopata – Candamo (Madre de Dios), proyecto financiado por Conservación Internacional (CI).

Después se desempeña como Jefe del área de Infraestructura Urbana – Catastro, en la Municipalidad Distrital de Yarina Cocha en la ciudad de Pucallpa. Durante los cinco últimos años trabajó completamente en la administración y gestión de las Areas Naturales Protegidas (ANP), desempeñándose como profesional en el Parque Nacional Bahuaja Sonene y Reserva Nacional Tambopata en Madre de Dios y como jefe en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (Iquitos).

Finalmente en el año 2004, ingresa al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para realizar estudios de posgrado en la maestría Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFIA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	X
INDICE DE CUADROS.....	XII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XVI
1 INTRODUCCION GENERAL.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
2 MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1 Fragmentación y pérdida de hábitats.....	4
2.2 Ecología del paisaje.....	7
2.2.1 Conectividad.....	7
2.3 Manejo del paisaje para la conservación de la biodiversidad.....	9
2.3.1 Corredores Biológicos como estrategia de conservación de la biodiversidad.....	11
2.3.1.1 Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) y el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca (CBVCT).....	13
2.4 Caracterización de los tipos de bosque.....	16
2.4.1 Elementos para una caracterización de tipos de bosque.....	18
2.4.1.1 Estructura, composición, riqueza y diversidad florística.....	18
3 BIBLIOGRAFÍA.....	20
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN.....	26
Artículo I: Identificación y caracterización florística de bosques naturales en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca.....	26
1 INTRODUCCIÓN.....	26
2 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	28
3 METODOLOGÍA.....	30
3.1 Diseño de muestreo.....	30
3.1.1 Elaboración de mapas preliminares.....	30
3.1.2 Selección de bosques y levantamiento de información de campo.....	31

3.2	Análisis de los datos.....	34
3.2.1	<i>Composición y clasificación de la cobertura boscosa.....</i>	34
3.2.2	<i>Estructura, diversidad y riqueza de los tipos de bosque.....</i>	36
3.2.3	<i>Elaboración preliminar del mapa potencial de tipos de bosque.....</i>	36
4	RESULTADOS.....	37
4.1	Mapa preliminar de cobertura boscosa.....	37
4.2	Determinación de tipos de bosque dentro del CBVCT.....	38
4.3	Descripción florística de los tipos de bosque.....	48
4.4	Análisis estructural de los cinco tipos de bosque.....	52
4.5	Análisis de diversidad y riqueza.....	55
4.6	Elaboración del mapa preliminar de la distribución potencial de tipos de bosque.....	56
5	DISCUSIÓN.....	58
5.1	Aspectos generales.....	58
5.2	Análisis estadísticos y tipificación de bosques en el CBVCT.....	58
5.3	Composición, estructura y diversidad florística de los cinco tipos de bosque.....	59
5.4	Comunidades vegetales naturales y su valor para la conservación.....	61
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
7	BIBLIOGRAFÍA.....	64
	ANEXOS.....	68
Artículo II: Propuesta de una red de conectividad estructural ecológica en el Corredor		
	Biológico Volcánica Central – Talamanca.....	78
1	INTRODUCCIÓN.....	78
2	DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	80
3	METODOLOGÍA.....	82
3.1	Análisis a escala de paisaje en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca.....	82
3.2	Análisis GAP.....	86
3.3	Análisis de conectividad estructural ecológica.....	87
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	92
4.1	Análisis a escala de paisaje en el CBVCT.....	92
4.2	Análisis GAP.....	97
4.3	Análisis de conectividad estructural ecológica.....	101
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
6	BIBLIOGRAFÍA.....	114
	ANEXOS.....	117

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. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 125 p.

Palabras claves: fragmentación, corredores biológicos, corredor biológico Volcánica Central – Talamanca, caracterización de bosque natural, escenarios de conectividad estructural, ecología de paisaje, análisis *gap*, áreas prioritarias de conservación.

RESUMEN

Los estudios sobre la ecología del paisaje se han facilitado gracias al desarrollo de herramientas tecnológicas, como métodos estadísticos, sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos, que permiten proporcionar los conocimientos de los tipos de vegetación y que son muy importantes para poder planificar su manejo y conservación. En este trabajo se realiza un estudio sobre identificación y caracterización de los tipos de bosques naturales para una propuesta de red de conectividad estructural ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca. El muestreo enfatizó la vegetación secundaria por ser la más predominante en el corredor, buscando siempre tener parcelas de bosque primario como referencia. 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 y con aplicación de SIG permitieron elaborar un mapa con seis estratos en donde se instalaron las unidades de muestreo (parcelas).

El muestreo se hizo tomando en cuenta parcelas temporales con dos tamaños, de 50 m x 50 m (0.25 ha) y de 20 m x 50 m (0.10 ha) y con rangos de $dap \geq 20$ cm y $dap \geq 10$ cm respectivamente. Sin embargo la clasificación final de la cobertura vegetal se basa en el tamaño de parcela de 0.25 ha, con un $dap \geq 20$ cm para árboles, para palmas y helechos con un $dap \geq 10$ cm y lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm. Las parcelas muestreadas se agruparon en cinco tipos de bosque por medio de análisis multivariado. Estos bosques fueron nombrados según sus especies indicadoras: 1) Bosque de *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaragüensis* y *Rollinia pittieri*, 2) Bosque de *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii* y *Miconia punctata*, 3) Bosque de *Hampea appendiculata*, *Cecropia obtusifolia* y *Conostegia rufescens*, 4) Bosque de *Croton draco*, *Citharexylum caudatum* y *Cecropia peltata* y 5) Bosque de *Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis*, y *Abarema idiopoda*.

Estos 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 a la variable altitud.

Con la información preliminar de tipos de bosque en el CBVCT incorporados a un mapa de cobertura (elaborados en base a las fotos del proyecto Carta del año 2003 a escala 1:40000 y la imagen de satélite Landsat TM del año 2003), se realizó un análisis a escala de paisaje y se elaboró una propuesta de red de conectividad estructural ecológica en el corredor. El análisis a escala de paisaje en el CBVCT, muestra que se encuentra fragmentado con un 40 % de cobertura boscosa seguido de los usos de pasto y café respectivamente.

A través de un taller con aplicación de un análisis multicriterio se priorizaron áreas para la conservación con la finalidad de establecer la conectividad estructural en el corredor. También se realizó un análisis *gap* para determinar la representación y protección de los tipos de bosques a partir de las áreas silvestres protegidas y las áreas núcleos priorizados para la conservación de donde se obtiene una mínima protección legal de los cinco tipos de bosque en las áreas silvestres protegidas ubicadas al interior del corredor.

Posteriormente para el modelaje de la redes de conectividad estructural ecológica se utilizaron las áreas priorizadas para la conservación y un mapa de fricción. Con aplicación de SIG se desarrollaron cinco escenarios de redes de conectividad estructural ecológica, tomando en cuenta las rutas de conexión más corta. Cada una de estas trayectorias muestra similitudes en el recorrido de las redes, en donde se identificaron nueve zonas prioritarias para la conectividad en el CBVCT.

Murrieta, E. 2006. Characterization of vegetation cover and proposed ecological connectivity network in the Volcánica Central – Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. Mag. Sc. Thesis. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 125 p.

Key Words: fragmentation, biological corridor, Volcánica Central – Talamanca biological corridor, natural forest characterization, structural connectivity scenarios, landscape ecology, gap analysis, conservation priority areas.

SUMMARY

Landscape ecology studies have been possible due to the development of technologic tools such as statistical methods, geographic information systems (GIS) and remote sensors which facilitate the identification of vegetation types and are important to plan forest management and conservation. In this research, a study on the identification and characterization of natural forest types was carried out for a proposal of an ecological structure connectivity network in the Volcánica Central – Talamanca Biological Corridor (VCTBC). Sampling emphasized secondary vegetation because it is the most predominant vegetation in the corridor, and it included primary forest plots as a reference. For selecting the field sites, stratified sampling was conducted which took into account biophysical variables; such as slope, soil, and life zones. Using a GIS, a map was elaborated with six strata where sampling units (plots) were installed.

Sampling was conducted taking into account temporary plots of two different sizes, 50m x 50m (0.25 ha) and 20m x 50 m (0.10 ha), with dbh ranges of >20 cm and >10 cm, respectively. However, the final vegetation cover classification is based on the 0.25 ha plot size with a dbh >20 cm for trees, dbh >10 cm for palms and ferns and a circumference of >10 cm for lianas. The plots sampled were grouped into five forest types through a multi-varied analysis. These forests were named according to their indicator species: 1) *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaragüensis*, and *Rollinia pittieri* forest, 2) *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii* and *Miconia punctata* forest, 3) *Hampea appendiculata*, *Cecropia obtusifolia* and *Conostegia rufescens* forest, 4) *Croton draco*, *Citharexylum caudatum* and *Cecropia peltata* forest; and 5) *Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis*, and *Abarema idiopoda* forest. These forests were characterized and compared according to variables such as composition, structure, richness, and floristic diversity.

The distribution of forest types is related principally to altitudinal changes. It was possible to create a preliminary map of forest types as a function of the altitude variable.

With the preliminary information of forest types in the VCTBC incorporated into a coverage map (using the 2003 scale 1:40000 Carta project aerial photos and the 2003 Landsat TM satellite image), a landscape scale analysis was carried out and a proposal for the ecological structure connectivity network was created for the corridor. The landscape scale analysis in the VCTBC showed that the corridor is fragmented with 40% forest cover followed by pasture and coffee, respectively.

Conservation areas were prioritized through a workshop and the application of a multi-criteria analysis with the objective to determine the structural connectivity in the corridor. A gap analysis was also conducted in order to determine the representation and protection of forest types starting with protected areas and core areas prioritized for conservation. This analysis showed minimum legal protection of the five-type forests in the protected areas located in the corridor.

Subsequently, for modeling the ecological structure network, conservation priority areas and a friction map were used. With the application of a GIS, five ecological structure connectivity network scenarios were developed taking into account the shortest connectivity routes. Each of these routes shows similarities in the networks where nine priority zones were identified for connectivity in the VCTBC.

INDICE DE CUADROS

Artículo I

Cuadro 1.	Zonas de vida presentes en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca.....	29
Cuadro 2.	Número de parcelas instaladas para caracterizar la vegetación natural en cada uno de los seis estratos al interior del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca.....	32
Cuadro 3.	Principales características de los cinco tipos de bosque identificados en el CBVCT.....	41
Cuadro 4.	Resultados del análisis discriminante canónico de las variables ambientales para la diferenciación de tipos de bosque en el CBVCT.....	42
Cuadro 5.	Valores promedios y error estándar para las variables ambientales en relación con los cinco tipos de bosque identificados en el CBVCT ($Pr > F \alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).	43
Cuadro 6.	Cuadro de análisis de las especies indicadoras para los 5 tipos de bosque, estadísticamente significativas para un $p \leq 0.05$ aplicados en la parcela de 0.25 ha (a) y para la parcela de 0.10 ha (b).	49
Cuadro 7.	Promedios y error estándar del número de individuos (N/ha), para los cinco tipos de bosque a) al nivel de la parcela de 0.25 ha, considerando los árboles con $dap \geq 20$ cm y b) al nivel de la parcela de 0.10 ha, considerando árboles con un $dap \geq 10$ cm. (ANDEVA $Pr > F \alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).	53
Cuadro 8.	Promedios y error estándar de áreas basales G (m^2/ha), para los cinco tipos de bosque a) al nivel de la parcela de 0.25 ha, considerando los árboles con $dap \geq 20$ cm y b) al nivel de la parcela de 0.10 ha, considerando los árboles con $dap \geq 10$ cm. (ANDEVA $Pr > F \alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).	54
Cuadro 9.	Promedios y errores estándar para índices de diversidad, equitatividad y número de especies para los cinco tipos de bosque a) a nivel de la parcela de 0.25 ha, considerando los árboles con $dap \geq 20$ cm, palmas y helechos con $dap \geq 10$ cm, lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm y b) a nivel de la parcela de 0.10 ha, considerando los árboles, palmas y helechos con $dap \geq 10$ cm, lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm (ANDEVA $Pr > F \alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).	55

Artículo II

Cuadro 1.	Zonas de vida presentes en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca.....	82
Cuadro 2.	Valores de fricción propuestos para los diferentes usos de la tierra en el CBVCT, utilizados en el modelaje de redes de conectividad.	91
Cuadro 3.	Valores de índices de área, densidad, y adyacencias a escala de paisaje en el CBVCT.	93
Cuadro 4.	Valores de índices de área y densidad a nivel de clases de parches, tomando en cuenta los tres estratos de suelos principales en el CBVCT	94
Cuadro 5.	Valores de índices de parche mayor, forma, área núcleo, y división, tomando en cuenta los tres estratos de suelos principales en el CBVCT	96
Cuadro 6.	Valores de índices de contagio y adyacencia de los parches con categorías de uso de la tierra en el CBVCT, tomando en cuenta los estratos de suelos como Andisoles, Inceptisoles y Ultisoles.	97
Cuadro 7.	Distribución de los cinco tipos de bosque en el área de conservación Monumento Nacional Guayabo (MNG).	99
Cuadro 8.	Distribución de los cinco tipos de bosque en los núcleos priorizados en el taller con participación de actores claves de acuerdo al escenario Local 1.....	101
Cuadro 9.	Área y porcentaje que ocupan los escenarios: a) <i>Local 1</i> y b) <i>Técnico 1</i> para cada uno de los usos que recorre la red durante su trayectoria, considerando un buffer de 100 m a cada lado de la línea de la red.	105
Cuadro 10.	Número y porcentaje de píxeles (30 m x 30 m) que ocupan los escenarios: a) <i>Local 1</i> y b) <i>Técnico 1</i> , durante su trayectoria, considerando los valores de fricción.	106

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa que muestra las áreas naturales protegidas correspondiente al Corredor Biológico Mesoamericano..... 14
- Figura 2.** Mapa que muestra las principales zonas protegidas en el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central.15

Artículo I

- Figura 1.** Mapa de ubicación del Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca.....28
- Figura 2.** Mapa de ubicación de 36 parcelas (puntos rojos). Los colores corresponden a los seis estratos 11, 12, 13, 21, 22 y 23.33
- Figura 3.** Mapa de Bosque (color verde) y no Bosque (color amarillo) del Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca.....37
- Figura 4.** Dendrograma, resultado del análisis de conglomerados en parcelas de 0.25 ha en bosques naturales del CBVCT, considerando la medición de árboles con $dap \geq 20$ cm, palmas y helechos con un $dap \geq 10$ cm, lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm. Los colores corresponden a códigos de las parcelas.38
- Figura 5.** Dendrograma, resultado del análisis de conglomerados en parcelas de 0.10 ha en bosques naturales del CBVCT, considerando la medición de árboles, palmas y helechos con $dap \geq 10$ cm, lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm. Los colores corresponden a códigos de las parcelas.....39
- Figura 6.** Análisis de especies indicadoras para la parcela de 0.25 ha, como criterio objetivo para cortar los dendrogramas a) número de clusters vs. promedio de p , b) número de clusters vs. número de especies indicadoras significativas.40
- Figura 7.** Diagrama de *Ordenación – NMS* de la relación entre 36 parcelas y las especies indicadoras más importantes en los cinco tipos de bosque del CBVCT para parcelas de 0.25 ha.....45
- Figura 8.** Diagrama de *Ordenación – NMS* de la relación entre 36 parcelas y las especies indicadoras más importantes en los cinco tipos de bosque del CBVCT para parcelas de 0.10 ha..... 47
- Figura 9.** Mapa preliminar de la 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. Distribución potencial de los tipos de bosque en función a la franja altitudinal, cuya variable es la de mayor peso discriminante y mejor explica en la distribución de los tipos de bosque. Cartografía digital a cargo del Geogr. Christian Brenes. Edición del mapa a cargo de Eduardo Murrieta.....57

Artículo II

Figura 1.	Mapa de Ubicación del Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca	81
Figura 2.	Mapa de Uso Actual de la Tierra del Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca.....	83
Figura 3a y 3b.	Mapa Uso Actual de la Tierra, considerando el estrato de suelo Andisol e Inceptisol (parte norte y centro del CBVCT)..	84
Figura 3c.	Mapa de Uso Actual de la Tierra, considerando el estrato de suelo Ultisol (parte sur del CBVCT).	85
Figura 4.	Diagrama de sobreposición de capas en Model Builder (Arc View), con sus respectivas ponderaciones y escala de valores para originar la priorización de áreas núcleos para cada uno de los cinco escenarios.	89
Figura 5.	Análisis GAP, para los tipos de bosque y el Monumento Nacional Guayabo y los núcleos prioritarios de acuerdo al escenario local 1.	100
Figura 6a.	<i>Escenario Local 1:</i> Red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT (línea de color rojo y negro), parches de bosque natural (color verde oscuro), café (color marrón) y pasto (color amarillo).	102
Figura 6b.	<i>Escenario Técnico 1:</i> Red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT (línea de color rojo y negro), parches de bosque natural (color verde oscuro), café (color marrón) y pasto (color amarillo)	103
Figura 7.	Identificación de tres sectores prioritarios (círculos de color rojo) para la conservación de la biodiversidad considerando la trayectoria de las redes de conectividad estructural en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca. Se muestran las coberturas de bosque (color verde oscuro), pasto (color amarillo), café (color marrón) y la red (línea de color rojo y negro)	108
Figura 8.	Identificación de seis sectores prioritarios (círculos de color rojo) para la conservación de la biodiversidad considerando la trayectoria de las redes de conectividad estructural en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca. Se muestran las coberturas de bosque (color verde oscuro), pasto (color amarillo), café (color marrón) y la red (línea de color rojo y negro)	111

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACCVC	: Area de Conservación de la Cordillera Volcánica Central
ANDEVA	: Análisis de Varianza
BHT	: Bosque Húmedo Tropical
BMHMB	: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo
CATIE	: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBM	: Corredor Biológico Mesoamericano
CBSS	: Corredor Biológico San Juan La Selva
CBVCT	: Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca
dap	: diámetro a la altura del pecho
G	: Area basal
ICE	: Instituto Costarricense de Electricidad
IMN	: Instituto Meteorológico Nacional
INBio	: Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica
ITCR	: Instituto Tecnológico de Costa Rica
IVI	: Índice de Valor de Importancia
MED	: Modelo de Elevación Digital
MINAE	: Ministerio Nacional de Ambiente y Energía
MNG	: Monumento Nacional Guayabo
msnm	: metros sobre el nivel del mar
NMS	: Nonmetric Multidimensional Scaling
PNT	: Parque Nacional Tapantí
PNVT	: Parque Nacional Volcán Turrialba
RPVSLM	: Reserva Privada de Vida Silvestre La Marta
SIG	: Sistema de Información Geográfica
SINAC	: Sistema Nacional de Areas de Conservación
VI	: Valor Indicador
ZPCRT	: Zona Protectora de la Cuenca del río Tuís

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente, la deforestación, degradación y fragmentación de los bosques húmedos tropicales constituyen entre las principales causas de pérdida de biodiversidad en los trópicos (Bennett 1999; Kattan 2002). Indudablemente la pérdida y fragmentación de hábitats se reconoce en todo el mundo como problemas claves con los que se enfrenta la conservación de la diversidad biológica (UICN, 1980 citado por Bennett 1999). A medida que aumenta la población mundial, va quedando cada vez menos superficie de la tierra no afectada por interferencias humanas. Las actividades humanas han modificado el ambiente hasta el punto de que los patrones estructurales más comunes en paisajes son mosaicos de asentamientos humanos, terrenos agrícolas y fragmentos dispersos de ecosistemas naturales.

En Costa Rica, la conversión de bosques primarios en tierras agrícolas o ganaderas ha ido en aumento desde 1950 y a pesar de los esfuerzos de conservación, la tasa anual de deforestación fue incrementándose. Este hecho ocasionó que, entre 1950 y 1990, se perdieran las dos terceras partes de la cobertura boscosa de Costa Rica (Sánchez - Azofeifa 1996). La pérdida total de bosque en Costa Rica durante el periodo de 1986 – 1991 fue de 2250 km², la cual representa el 50 % del territorio nacional (Sánchez – Azofeifa *et al.* 2001).

A causa de estos procesos, las comunidades vegetales al igual que los animales son susceptibles de extinguirse una vez ocurrida la fragmentación del bosque (Tabarelli *et al.* 1999), ello debido a factores bióticos y abióticos que condicionan la aparición de las especies forestales y de factores antropogénicos que no siempre son fáciles de medir (Guariguata *et al.* 2002).

Por estas razones en los últimos años la ecología del paisaje se ha convertido en un instrumento para establecer y mitigar los efectos de la fragmentación sobre la conservación de la biodiversidad, con apoyo de herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG) (Metzger 2000; Crist *et al.* 2000).

Con la fragmentación, las áreas protegidas se encuentran cada vez más aisladas en términos biológicos, rodeadas de terrenos dedicados a la agricultura, a la industria o a otras actividades

no compatibles con las necesidades de hábitat o de desplazamiento de las especies (Sullivan 1989; Noss 1991). Por ello es necesario establecer corredores biológicos, como un mecanismo que de mayor viabilidad a la conservación de las especies que se encuentran en las áreas silvestres o en otros ecosistemas naturales.

Es así como los corredores biológicos constituyen una estrategia de conservación, constituyendo el medio que posibilita tanto las migraciones estacionales de los individuos de una especie como la migración altitudinal o latitudinal, facilitando el flujo de material genético entre poblaciones de especies. En un sentido más práctico, representan, para algunas especies, la posibilidad de conectividad de fragmentos aislados como si fuera un mismo hábitat (García 2002).

En Costa Rica, los corredores biológicos se han definido como una extensión territorial, generalmente de propiedad privada, cuya función principal es interconectar áreas silvestres protegidas para hacer posible tanto la migración como la dispersión de especies de flora y fauna silvestre y, de esta forma, asegurar la conservación de éstas (García 2002).

El presente estudio comprende el área del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca (CBVCT), la misma que se encuentra ubicada en la provincia de Cartago y forma parte de la estrategia de conectividad del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCVC) en Costa Rica.

Dentro del CBVCT, es importante mantener o restaurar estructuras que proporcionen refugio a diversos organismos. Es necesario, además, favorecer la conectividad a través del paisaje, restaurando o protegiendo áreas fragmentadas y que potencialmente posibilitan el movimiento y colonización de las especies. Por ello, el CBVCT representa una estrategia de conservación para restablecer y mantener la conectividad biológica entre las Áreas Silvestres Protegidas (Parque Nacional Volcán Turrialba, Monumento Nacional Guayabo, Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis y el Refugio Privado de Vida Silvestre La Marta) mediante acciones orientadas a la conservación de los recursos naturales, así como también constituye un mecanismo para incorporar incentivos para el manejo y conservación de los recursos naturales al interior del corredor (Canet 2003).

En atención a las necesidades expuestas anteriormente, el estudio busca de alguna manera contribuir al conocimiento y a la consolidación en el manejo del paisaje al interior del CBVCT, a través de estudios como la caracterización de tipos de bosques naturales y la elaboración de una propuesta de red de conectividad ecológica donde se identifiquen áreas prioritarias para conservación y/o recuperación de la cobertura boscosa, de tal forma que se aumente las funciones de conectividad entre los fragmentos de hábitats naturales conservando la heterogeneidad de estos.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

- Contribuir a la consolidación del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca como estrategia de conservación de la biodiversidad dentro del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCV).

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los tipos de bosques naturales en el CBVCT, en términos de su estructura, composición, riqueza y diversidad florística.
- Determinar la distribución espacial de los tipos de bosques naturales dentro del CBVCT.
- Establecer una propuesta de red de conectividad ecológica que tome en cuenta las características de estructura y composición de los tipos de bosque en el paisaje.
- Brindar elementos para el establecimiento de criterios para el desarrollo de estrategias de conservación de la biodiversidad dentro del CBVCT.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Fragmentación y pérdida de hábitats

La fragmentación resulta generalmente en terrenos que consisten de áreas remanentes de vegetación nativa rodeada de una matriz de tierras agrícolas u otras formas de uso de la tierra. El término “remanente” puede ser definido como un parche de vegetación nativa alrededor del cual toda o la mayor parte de la vegetación original ha sido removida y debido a esto, a veces son denominados como islas de hábitat. Los llamados parches de hábitat, por otra parte, son áreas en el paisaje que son definidas funcionalmente para una especie en particular, que los pueden usar para la reproducción o alimentación (Fahrig y Merriam 1994).

Según Saunders *et al.* (1991), la fragmentación en el paisaje produce una serie de parches de vegetación circundados por una matriz de diferente vegetación y uso de suelo. Dos efectos primarios de estas son: una alteración del microclima dentro y circundante a los remanentes de parches y el aislamiento de cada área de otros parches y el paisaje circundante. Así, en un paisaje fragmentado hay cambios en el ambiente físico como también cambios biogeográficos. Muchas discusiones de fragmentación de hábitats se han concentrado sobre aspectos biogeográficos y los cambios físicos han recibido poca atención. Todos los parches están expuestos a cambios físicos y biogeográficos ya sea a niveles grandes o pequeños, pero sus efectos están modificados por el tamaño, forma y posición en el paisaje de parches individuales.

En muchos de los casos, la alteración de un hábitat natural no comprende solamente la conversión directa y física por acción antropogénica, por ejemplo cuando un bosque húmedo se convierte en potrero; también incluye la ruptura de un parche de hábitat grande y continuo en parches más pequeños (fragmentación de hábitats) y cambios en la composición, estructura y función de un ecosistema (Noss *et al.* 1997).

Estos cambios también afectan en gran medida a muchos animales que requieren moverse a través del paisaje para alimentarse y que se reduce la capacidad de estos para buscar alimento.

Cuando el hábitat se fragmenta, algunas especies, entre los que se destacan las especies propias del bosque, son incapaces de migrar en búsqueda de los recursos escasos en su ámbito normal de hábitat (Primack *et al.* 2001). Así mismo muchas especies pronto empiezan a ser aisladas de otros de su propia especie, resultando entonces pérdida de la diversidad genética y extinción local (Alonso *et al.* 2001).

Los fragmentos difieren del hábitat continuo original en dos importantes aspectos: 1) los fragmentos tienen una mayor cantidad de borde que el área de hábitat continuo y 2) el centro de cada fragmento está más circundante a un borde que en el caso del bosque continuo. La fragmentación del hábitat crea barreras para los procesos de dispersión y colonización de las poblaciones (Primack *et al.* 2001).

En el análisis a escala de paisaje se pueden analizar la diversidad y distribución de los diferentes tipos de parche, el número de parches, la asociación y dispersión entre ellos, el tamaño, forma y complejidad del parche (Forman y Godron, 1981). Fahring y Merriam (1994) postulan algunas características estructurales que deben tenerse en cuenta en el análisis de un paisaje, entre las cuales se encuentran el tamaño, forma y calidad de los parches. Los mecanismos de extinción a escala de fragmento se relacionan, básicamente, con tres tipos de efectos: efectos de área, efectos de aislamiento y efectos de borde (Kattan *et al.* 2002).

El *efecto de borde*, como consecuencia inevitable de la fragmentación es la creación de bordes o transiciones abruptas entre el bosque y la matriz adyacente (Kattan *et al.* 2002). La presencia del borde origina cambios en las condiciones bióticas y abióticas de sus inmediaciones (tanto hacia adentro del fragmento boscoso como en dirección del hábitat matriz), además de permitir el flujo de materia y energía a través de él.

El *aislamiento* de hábitats es una consecuencia fundamental de la fragmentación. Los efectos negativos del aislamiento se atribuyen a la menor oportunidad de desplazamientos de animales hacia otros hábitats y desde ellos (Bennett 1999). Por otra parte, el grado de aislamiento de un fragmento es también una medida relativa y se da en función de la movilidad de los

organismos, de su comportamiento de dispersión y de su capacidad de utilizar los hábitats de la matriz (Dale *et al.* 1994, citado por Kattan 2002).

Unos de los casos de fragmentación más estudiada en la región Centroamericana es el de la Isla Barro Colorado, en Panamá. Con la construcción del canal, áreas boscosas que estaban físicamente conectadas con grandes extensiones del mismo ecosistema quedaron aisladas a causa de la inundación y formación de lagos artificiales. En estas verdaderas “nuevas islas”, constituidas por las puntas de los cerros que quedaron rodeados de agua, se ha realizado una gran cantidad de estudios sobre los cambios en la biodiversidad en relación con el tamaño del fragmento y con el paso del tiempo (García 2002). Estudios en el área determinaron que en los alrededores de las islas, en la zona continental se pueden encontrar 268 especies de aves residentes, mientras que en las islas el número llega a 161 (Karr 1982, citado por García 2002).

Así mismo García (2002) señala que las aves más comunes en tierra firme no se encuentran en las islas y que la disminución en la cantidad de especies en los fragmentos está determinado por: la reducción física del área disponible, las especies que se encontraban presentes en el sitio al momento de convertirse en isla, la competencia entre especies y su depredación por parte de otras que sobreviven en las islas y los cambios sucesionales (regeneración) en la vegetación que implican cambios en la disponibilidad de recursos.

El *efecto de área*, refiere que la pérdida de especies, que acompaña a la fragmentación del paisaje, está comúnmente relacionada con la reducción del tamaño de los hábitats naturales, dado que generalmente áreas pequeñas soportan pocas especies, existiendo una alta relación entre la diversidad de especies y el tamaño del fragmento (Bennett 1999). Al quedar confinada en un fragmento, la probabilidad de persistencia de una especie dependerá del tamaño y la dinámica de la población (Kattan 2002). Mientras más pequeña sea la población, mayor será la probabilidad de extinguirse (Shaffer 1981).

2.2 Ecología del paisaje

Según Forman y Godron (1981), un paisaje es un área de kilómetros de ancho, donde un conglomerado de componentes o ecosistemas que interactúan entre sí, se repiten en forma similar, determinado por dos mecanismos que actúan juntos: los procesos geomorfológicos específicos y los disturbios específicos en los componentes del paisaje.

La ecología de paisaje es un campo interdisciplinario de la ciencia que puede ser definido como el estudio de las interacciones entre los componentes espaciales y temporales de un paisaje, y su flora y fauna asociada (Buncen y Jongman 1993). Esta reconoce al paisaje como un mosaico de diferentes tipos de hábitats (Bennett 1999), que en la mayoría de los casos está influenciado por las actividades humanas de uso de la tierra, resultando en una mezcla de parches desde hábitats naturales hasta tierras de uso intensivo (Turner 1989). Así mismo, proporciona un marco amplio para estudiar la función ecológica de fragmentos de hábitat en ambientes que han sido afectados por el desarrollo de infraestructura y los beneficios de la conectividad y el intercambio entre fragmentos en cuanto a sustentar dinámicas locales y regionales de población (Noss 1987; Forman 1995).

En el estudio del paisaje es útil considerar tres características: estructura, función y cambio. **Estructura** se refiere a la disposición espacial de los distintos ecosistemas – distribución de energía, materiales y especies – en un paisaje y a la relación espacial entre ellos en correspondencia con el *tamaño, forma, cantidad, tipos y configuración de los componentes*. **Función** se refiere a las interacciones de los elementos espaciales, esto es, el flujo de energía, materiales y organismos entre los componentes del ecosistema. **Cambio** se refiere a la alteración de la estructura y función del mosaico ecológico a través del tiempo (Turner 1989).

2.2.1 Conectividad

El término conectividad, creado en 1984 por el ecólogo Gray Merriam, se refiere a la capacidad de un paisaje en mantener el movimiento de organismos, genes, materiales o

energía, a pesar de que, por lo general, el concepto está principalmente relacionado al movimiento de especies (Mann y Plummer 1995). Conectividad implica el enlace de hábitats, especies, comunidades y procesos ecológicos a escalas espaciales y temporales múltiples (Noss 1991).

Desde el desarrollo de la agricultura, la cobertura de vegetación natural de todo continente, excepto Antártica, ha sido extensivamente modificada (Saunders *et al.* 1991). Los efectos antropogénicos más significativos sobre la biodiversidad han originado cambios en la conectividad natural del paisaje (Noss 1991).

Existe una creciente necesidad de utilizar criterios de diseño para mejorar los sistemas o redes de conservación en áreas fragmentadas, pero eso requiere un claro entendimiento de los problemas creados por la fragmentación (Saunders *et al.* 1991).

Hay dos componentes principales que influyen en la conectividad potencial para una especie, comunidad o proceso ecológico concretos: uno estructural y otro conductual (Bennett 1999).

El componente *estructural* de la conectividad lo determina la distribución espacial de tipos diferentes de hábitats en el paisaje. Influyen en él factores como la continuidad de hábitats adecuados, la dimensión de las brechas, la distancia que se debe atravesar, y la presencia de senderos alternativos o característicos de redes. Se refiere a la distribución espacial, que se puede diagramar, de hábitats para los que se han propuesto una serie de índices cuantitativos (p. ej. medidas de los sistemas de circuitos, tamaño de las mallas, dimensión de las superficies subdivididas).

El componente *conductual* de la conectividad se refiere a la respuesta conductual de individuos y especies a la estructura física del paisaje. Influyen en él factores como la escala en que una especie percibe y se desplaza dentro del medio ambiente, sus requisitos de hábitats y el grado de especialización del hábitat, su tolerancia ante hábitats alterados, la fase de vida y tiempos de los desplazamientos de dispersión, y la respuesta de la especie ante depredadores y competidores. En consecuencia, aunque vivan en el mismo paisaje, las especies con respuestas

conductuales contrapuestas (p. ej. ante alteración del hábitat) experimentarán niveles diferentes de conectividad (Bennett 1999).

2.3 Manejo del Paisaje para la conservación de la biodiversidad

Existe un amplio reconocimiento de que en muchas regiones es necesario encontrar maneras de realizar actividades de conservación de los recursos naturales por medio de un manejo integral del paisaje (Bennett 1999).

Las actividades de conservación que toman en consideración el manejo integral del paisaje, no solo proporcionan beneficios inmediatos, sino que al mismo tiempo generan bienestar ambiental a largo plazo. Este amplio reconocimiento proviene de que, en el pasado, los esfuerzos hechos a favor de la conservación, si bien se hicieron con el ánimo de proteger la mayor cantidad de ecosistemas, dejaron muchos vacíos en cuanto a la calidad de lo que se estaba conservando y además no se hicieron con criterio holístico. Por esta razón, hoy en día, se tiene que las reservas, algunas de ellas como pequeños bloques, no contienen a todas las comunidades biológicas y no toman en cuenta ni los desplazamientos de la fauna a escalas grandes, ni las presiones de uso a que están siendo sometidas las tierras que las rodean (Bennett 1999).

Los desplazamientos de animales, el agua y el viento por los mosaicos de paisajes y el flujo de materiales, energía y nutrientes que se transportan de esta manera, son básicos para la forma como funciona el paisaje y para su sostenibilidad ecológica (Forman 1995).

El flujo de especies y materiales por el paisaje se produce de diversas formas. En algunas situaciones los desplazamientos pueden ser directos, atravesando todas las fronteras que se presentan.

Es importante advertir que los hábitats lineales y otros hábitats que conectan o enlazan el paisaje, desempeñan papeles ecológicos más amplios que simplemente ayudar al traslado de

animales y materiales a través del ambiente; forma parte integral del paisaje y contribuyen también a su estructura y función en otras formas (Forman 1995). Así mismo constituyen hábitat para plantas y animales y también filtros o barreras para el desplazamiento de ciertas especies, como los cursos de agua que pueden formar una barrera para terrenos domésticos de recorrido de animales, para poblaciones e incluso para unidades taxonómicas (subespecies o especies) cuando existe un aislamiento eficaz de poblaciones a ambos lados. Hay ejemplos de estudios como en el caso del río Amazonas en América del Sur, que forman fronteras entre subespecies de animales (Ayres y Clutton-Brock 1992). El aislamiento debido a barreras naturales forma parte de procesos naturales de un paisaje.

Un estudio a escala de paisaje realizado por Hoctor *et al.* (1999), analizó la conectividad ecológica potencial para identificar áreas con trascendencia prioritaria de conservación y conectividad de paisaje. Usaron un programa de SIG para desarrollar un modelo de apoyo de decisiones que emplea datos de uso del suelo e información sobre áreas ecológicamente importantes incluyendo hábitats importantes para especies clave, comunidades ecológicas prioritarias, humedales, áreas sin carreteras, planicies de inundación, e importantes sistemas acuáticos para identificar áreas grandes de prioridad ecológica y potenciales conexiones ecológicas. El resultado de este proceso, fue el diseño de la Red Ecológica de Florida con más de la mitad de su red de conexiones en tierras de conservación o en aguas de dominio público. Esta red ecológica representa un avance significativo hacia una estrategia más integrada para la conservación de la biodiversidad de Florida.

Para que la aproximación paisajista planteada sea realmente efectiva y tome en cuenta elementos claves dentro de la planificación y el manejo, como pueden ser los corredores, Bennett (1999), recomienda se tome en consideración los siguientes aspectos: a) Proteger áreas de hábitat natural clave, ojalá en grandes bloques, para que actúen como reservorios de las especies vegetales y animales y al mismo tiempo sean las que mantengan la viabilidad de los procesos ecológicos, b) Maximizar los valores de conservación a lo largo de una variedad de usos de la tierra por medio de la zonificación de los usos, tanto de las tierras públicas como privadas, c) Mantener y restaurar la conectividad, tomando como punto de partida consideraciones sobre las áreas a ser unidad, su tamaño, los usos que se dan alrededor, junto

con las especies y procesos ecológicos de interés y d) Integrar la conservación con los demás usos de la tierra, mediante el balance entre las actividades de conservación y las de aprovechamiento sostenible.

2.3.1 Corredores Biológicos como estrategia de conservación de la biodiversidad

Los corredores biológicos son “hábitats” lineales, que difieren de la matriz y conectan dos o más fragmentos de hábitat. El propósito de estos, es la conservación basada en mantener la viabilidad de poblaciones de vida silvestre específicas en los fragmentos de hábitat; facilitando el paso de individuos de un fragmento a otro (Beier y Noss 1998; Barrett y Bohlen 1991; Rosenberg *et al.* 1997; García 2002).

Según Bennett (1999), los elementos que podrían ser una alternativa para ayudar a identificar, desde el punto de vista biológico, a diferentes niveles para la conservación de corredores son: a) escala espacial dentro de la cual los corredores mantienen procesos ecológicos naturales: es decir la continuidad de la distribución de las especies, b) nivel de redundancia de la conectividad: es decir qué sistemas o hábitats son únicos e irremplazables, c) grado de peligro para las especies o comunidades de los hábitats a ser unidos: o sea beneficiar aquellos que se encuentran en mayor riesgo de extinción, d) condición presente de la conexión: favorecer las conexiones donde todavía se encuentran presentes porciones de vegetación poco perturbadas, e) rango de especies que serían beneficiadas por la conexión: potenciar la cantidad o variedad de especies y procesos posibles mediante el corredor, f) capacidad de la conexión de proveer otros beneficios ambientales: establecer conexiones que brinden beneficios ambientales sin comprometer su valor para la conservación de los recursos, y g) aspectos de paisaje que modifican la conducta de una especie en cuanto a sus hábitos y patrones de desplazamiento: se trata de minimizar los riesgos de conflictos potenciales que existen entre las actividades de desarrollo humano y la conservación de especies de fauna silvestre.

Según Simberloff *et al.* (1992), las funciones atribuidas a los corredores de movimiento son: a) disminuir la tasa de extinción definida en términos de la teoría de equilibrio, b) disminuir la estocasticidad demográfica, c) contrarrestar la depresión endogámica, y d) satisfacer una necesidad innata de movimiento.

Beier y Noss (1998), opinan que a pesar de que algunos han cuestionado la funcionalidad de los corredores en proveer conectividad al paisaje y se han sugerido desventajas biológicas, las observaciones de movimiento de animales a través de paisajes fragmentados y las evidencias de estudios bien diseñados, pueden demostrar el valor de los corredores como herramientas valiosas de conservación.

Los corredores generalmente, como se cree, proporcionan ventajas como el movimiento biótico, áreas de forrajeo extras, refugios durante perturbaciones, y el realce del atractivo estético del paisaje (Saunders *et al.* 1991).

El uso de corredores para la conservación de la diversidad biológica en paisajes fragmentados ha sido debatido por sobre dos décadas, debate documentado por un número de revisiones que típicamente son fuertemente escépticas (Simberloff *et al.* 1992) o fuertemente positivas (Beier y Noss 1998) del valor de los corredores en la conservación de la biodiversidad.

En la práctica, la consolidación de un corredor, de acuerdo con su amplitud (regional, nacional, provincial o local), puede requerir años e incluso décadas. Se trata de una propuesta de planificación territorial cuya viabilidad está determinada en gran medida por su integración con otros esfuerzos de este tipo, así como por el compromiso técnico y el interés de las comunidades involucradas, ya que en la mayoría de los casos los corredores no implican compra de tierras sino una adecuada planificación de su uso, que considere las necesidades de las especies (García 2002).

Para las áreas protegidas, los corredores podrían permitir la dispersión de plantas y animales de una reserva a otra, permitiendo el flujo de genes y la colonización de sitios adecuados, así como facilitar la migración estacional de especies en busca de alimento entre diferentes

hábitat. Los corredores que logren preservar los patrones naturales de migración serán probablemente los más exitosos en la protección de especies (Primack *et al.* 2001).

2.3.1.1 Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) y el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca (CBVCT)

El *Corredor Biológico Mesoamericano (CBM)* (Figura 1), es una iniciativa regional encaminada a conservar la diversidad biológica y de ecosistemas de forma tal que se fomente un desarrollo social y económico sostenible. Sus objetivos específicos son: a) proteger sitios claves de biodiversidad; b) conectar esos sitios mediante corredores manejados de tal manera que se permitan el movimiento y dispersión de plantas y animales; y c) promover formas de desarrollo económico y social dentro y alrededor de estas áreas que conserven la biodiversidad y a la vez sean socialmente equitativas y culturalmente sensibles (Miller *et al.* 2001).

Esta iniciativa surge del reconocimiento de que existe la necesidad de desarrollar un enfoque regional integrado para afrontar los problemas ambientales de Mesoamérica (Miller *et al.* 2001).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992 y la adopción del Convenio sobre Diversidad Biológica y de la Convención Marco sobre Cambio Climático inspiraron a los países centroamericanos para alcanzar una serie de acuerdos regionales a favor de la diversidad biológica (Miller *et al.* 2001).

La iniciativa actual del CBM se desarrolló a partir de un esfuerzo regional de conservación de tierras silvestres introducido en 1994 por un consorcio de organizaciones conservacionistas internacionales (Miller *et al.* 2001).

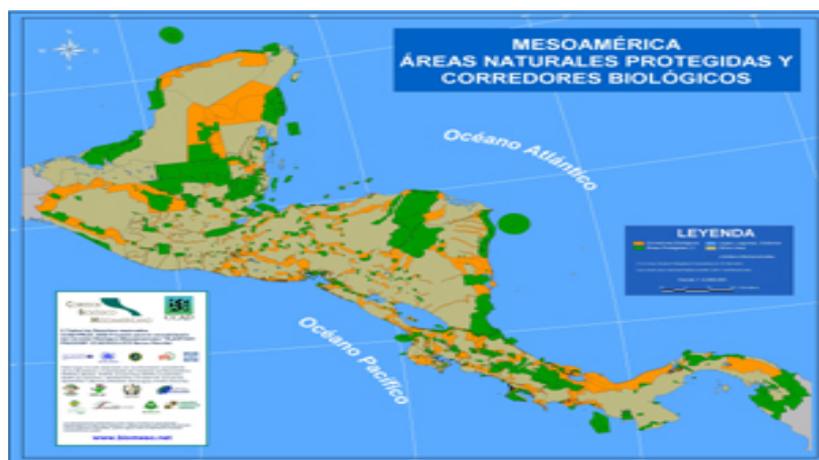


Figura 1. Mapa que muestra las áreas naturales protegidas correspondientes al Corredor Biológico Mesoamericano.

Fuente: (www.biomeso.net)

El *Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCVC)* (Figura 2), se ubica al norte del Valle Central y es una de las 11 áreas de Costa Rica que integran el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). El ACCVC presenta una cadena montañosa en la que sobresalen siete macizos volcánicos, algunos activos en la actualidad, la cual está ubicada en el centro y norte de Costa Rica. Tiene una extensión de 557704.80 ha de las cuales 134 665.55 representa alguna de las categorías de manejo de áreas silvestres protegidas (22.7%) y el restante 459 439.61 es su área de amortiguamiento (77.3 %.) (MINAE 2003).

La región tiene una topografía muy irregular, con elevaciones que van desde los 36 msnm (Puerto Viejo de Sarapiquí) hasta los 3432 msnm (Parque Nacional Volcán Irazú). La precipitación varía entre los 2500 mm y los 5500 mm (MINAE 2003).

El ACCVC presenta una gran diversidad de ambientes y tipos de vegetación, que varían desde el bosque húmedo tropical, pasando por el bosque pluvial montano bajo; hasta el pluvial subalpino o páramo de vegetación achaparrada, comprendiendo 10 zonas de vida (MINAE 2003).

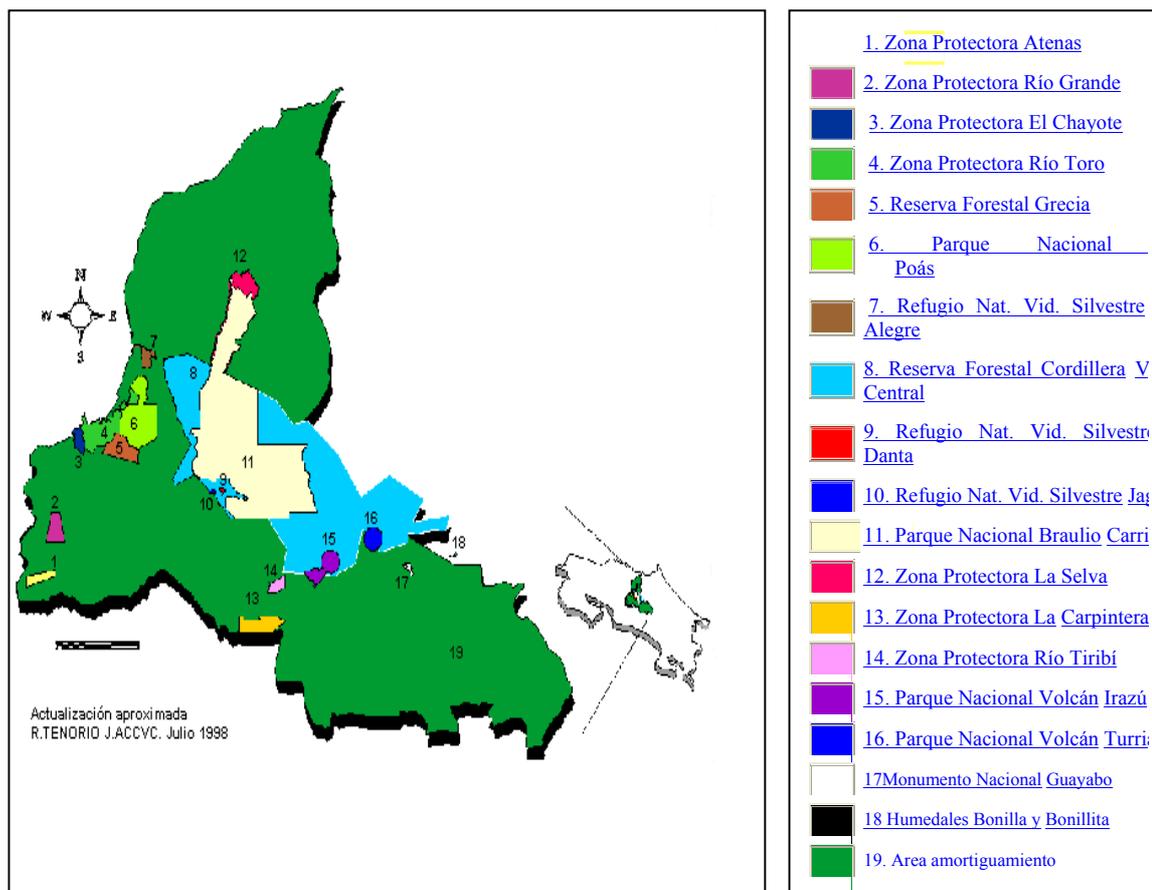


Figura 2. Mapa que muestra las principales zonas protegidas en el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central.

Fuente: (www.minae.go.cr)

El *Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca (CBVCT)*, forma parte de la estrategia de conectividad del ACCVC. Esta iniciativa fue elaborada en el 2000 como una propuesta participativa entre las comunidades de Turrialba-Jiménez y el Proyecto de Corredor Biológico Mesoamericano (ACCVC 2000).

Los resultados de este proyecto fueron presentados por el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) a la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) como parte del componente Costarricense del Proyecto de Corredor Biológico Mesoamericano (Canet 2003).

Esta propuesta contiene una ficha técnica para el establecimiento y consolidación del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, que integra cuatro Áreas Protegidas existentes: Parque Nacional Volcán Turrialba (PNVT), Monumento Nacional Guayabo (MNG), Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis (ZPCRT), Refugio Privado de Vida Silvestre La Marta (RPVSM). Posteriormente se trabaja en la inclusión de otros sectores (Canet 2003).

El MINAE, con apoyo del CATIE y de otras instituciones de la provincia de Cartago están trabajando en la implementación de un proceso de bosque modelo en dicha provincia, que abarca más de 300,000 ha, es una estrategia que pretende integrar acciones de los sectores sociales involucrados en actividades que impliquen el uso adecuado y la conservación de los recursos naturales como un proceso integral de desarrollo sostenible (Louman *et al.* 2003). La iniciativa de bosque modelo está entre los entes promotores del CBVCT. También apoyan esta iniciativa MINAE, la Universidad de Costa Rica (UCR), Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT), CCT – AMISCONDE, Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Reventazón a cargo del Instituto Costarricense de Electricidad (UMCRE – ICE) y Grupo ambientalista de Pejivalle.

2.4 Caracterización de los tipos de bosque

La caracterización de los tipos de bosques, surge como etapa en la evaluación de la biodiversidad a escala de ecosistemas y requiere una clasificación de las comunidades vegetales (Noss 1987). Una vez que los tipos de bosques han sido clasificados a partir de una supervisión de imágenes o fotografías aéreas en SIG, es posible estimar aproximadamente su distribución a nivel regional. Reconocer e interpretar la distribución espacial de los bosques es fundamental para conservar su gran diversidad (Clark 1998).

A partir de ciertos tipos de análisis es posible determinar la caracterización de los tipos de bosques. La selección de determinado análisis dependerá del objetivo del estudio. Si el objetivo es cartografiar o describir de manera práctica la vegetación aproximada, la

clasificación supervisada resulta adecuada, pero si el objetivo es determinar relaciones entre la vegetación y el ambiente, la ordenación y otros análisis estadísticos a menudo ayudan y simplifican las interpretaciones (Matteucci y Colma 1982). De acuerdo al estudio de tesis de Bonifaz (2003), realizado en el Ecuador, en donde hizo una caracterización florística del bosque húmedo costero en la localidad de Esmeraldas considerando dos sitios del bosque húmedo costero, el autor realizó una identificación de la vegetación natural y de acuerdo a los análisis de ordenación y conglomerados llegó a obtener dos tipos de bosque que se diferencian por la composición de especies indicadoras. Finalmente, estos resultados contribuyen a la formulación de una estrategia para la conservación y manejo de los recursos en la zona.

De esta manera, la clasificación y la cartografía científica de la vegetación se han desarrollado como producto de necesidades básicas, lo cual ha sido muy útil para diversos aspectos de la biología. La clasificación es siempre una simplificación y abstracción de la realidad. En la naturaleza no existen clases definidas de vegetación, más bien las condiciones ecológicas son muy variadas y pueden combinarse casi de cualquier manera (Tuomisto 1993).

Existen muchas variables que pueden utilizarse para caracterizar los tipos de vegetación, siendo estas, la estructura de la vegetación, composición florística, especies indicadoras, riqueza de las especies entre otros. En los últimos años ha aumentado el uso de computadoras con programas estadísticos para facilitar la clasificación de la vegetación. Sin embargo, ningún sistema es capaz de evitar que se encuentren lugares donde la clasificación no esté bien definida (Tuomisto 1993).

La definición de límites para la caracterización de los tipos de vegetación es una necesidad práctica que puede ser abordada desde distintos enfoques, lo que incluye tener en cuenta las variaciones ambientales a pequeña y gran escala. Las variaciones a pequeña escala se presentan a distancias de cientos de metros (nivel local), mientras que las variaciones a gran escala comprenden desde algunos kilómetros (nivel paisaje) hasta cientos de kilómetros de distancia (nivel regional) (Tuomisto *et al.* 1995). El estudio realizado por Ramos (2004) en el Corredor Biológico San Juan La Selva (CBSS) - Costa Rica: “Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad”, explica en gran medida el enfoque a escala de paisaje. El estudio caracterizó

tres tipos de bosque, como criterio para el establecimiento de una propuesta de modelo de red de conectividad estructural ecológica en el CBSS, como herramienta que contribuya al manejo del paisaje como base para la conservación.

A escalas espaciales grandes, la tipificación de bosques es una herramienta básica para la planificación y ejecución del manejo forestal y la conservación de biodiversidad (Finegan *et al.* 2001). Otros estudios de singular importancia involucran la caracterización de vegetación natural a partir de su composición, riqueza, diversidad y estructura como un aporte para la conservación y manejo de los recursos en diversas zonas: Serrano (2003), Perdomo (2001), Pérez (2000) y Gallo (1999).

2.4.1 Elementos para una caracterización de tipos de bosque

2.4.1.1 Estructura, composición, riqueza y diversidad florística

El análisis estructural indica el estado en que se encuentra la población, a partir de la organización física de un ecosistema, utiliza en un plano horizontal variables cuantitativas como diámetro a la altura del pecho (dap) y área basal. La medición del dap es considerado práctica dado que, relacionada con la altura del árbol, es una indicación del volumen del fuste, además de ser la base para el cálculo del área basal, la cual es considerada como el área del círculo con un diámetro igual al dap (Delgado *et al.* 1997).

Casi todos los trabajos de composición florística, se centran en árboles, pues éstos, además de constituir la mayor parte de la biomasa del bosque, determinan en gran parte su estructura y funcionamiento (Berry 2002).

Debido a la gran riqueza y diversidad de los bosques neotropicales, estos carecen de especies de carácter dominante, siendo la mayoría de medianamente abundantes a raras, lo que hace que estos bosques sean de difícil clasificación (Hortshorn 2002), es así, que en general entre la mitad y dos tercios de la dominancia total esta concentrada en solo el 10 ó 15% de las especies

(Lamprecht 1990). En cambio, una proporción significativa de las especies son representadas por uno o muy pocos individuos, que al igual que las comunes son importantes en la determinación de la riqueza y diversidad de la comunidad (Delgado y Finegan 1999).

Entendemos como *riqueza de especies* al número total de especies por unidad de área y la *diversidad* como el número de especies en relación con el tamaño (abundancia) de la población de cada especie (Louman *et al.* 2001).

La manera más simple y apropiada de definir diversidad de ecosistemas boscosos es el número, variedad y arreglo espacial de los tipos de bosques a una escala dada, pudiéndose expresar la diversidad β como el grado en el cual las comunidades difieren unas de otras a lo largo de gradientes ambientales (Finegan *et al.* 2001).

En el estudio realizado por Ramos (2004) en el Corredor Biológico San Juan la Selva – Costa Rica identificó tres tipos de bosque primario de tierras bajas, las cuales fueron caracterizadas y comparadas entre sí, según su composición, estructura, diversidad y riqueza de especies. Con el uso del SIG, desarrolló un procedimiento que sirvió para la selección de áreas prioritarias para la conservación y la restauración de la cobertura boscosa en función de aumentar la conectividad en el paisaje.

3 BIBLIOGRAFIA

- ACCVC (Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central). 2000. "Propuesta de Conectividad del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central: Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano". Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Agosto 2000. San José, Costa Rica.
- Alonso, AF; Dallmeier, FE; Graneck, E; Raven, P. 2001. Biodiversity: connecting with the tapestry of life. Smithsonian Institution/Monitoring and Assessment of Biodiversity Program and President's Committee of Advisors on Science of Technology. Washington, DC, USA.
- Ayres, JM; Clutton-Brock, TH.1992. River Boundaries and species range size in Amazonian primates. *American Naturalist* 140: 531-537.
- Barrett, GW; Bohlen, PJ. 1991. Landscape ecology. *In* Hudson, WE. Landscape linkages and biodiversity. Island Press. Washington, DC. p. 149-161.
- Beier, P; Noss, RF. 1998. Do hábitat corridors provide connectivity?. *Conservation Biology* 12(6): 1241-12.
- Bennett, AF. 1999. Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Suiza, Cambridge, UK. 254 p.
- Berry, PE. 2002. Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. *In* Guariguata, MR. y Kattan (eds). 2002. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. Pp. 83-96.
- Bonifaz, C. 2003. Caracterización florística de dos sitios en el bosque húmedo costero cabecera de Muisne, Esmeraldas - Ecuador. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 78 p.

- Buncen, RGH; Jongman, RHG. 1993. An introduction to landscape ecology. In *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Pp. 3-10.
- Canet, L. 2003. Ficha técnica del Corredor Biológico Turrialba – Jiménez. San José, Costa Rica. 75 p.
- Clark, DA. 1998. Deciphering landscape mosaics of neotropical tree: GIS and systematic sampling provide new views of tropical rainforest diversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85: 18-33.
- Crist, JP; Kohley, WT; Oakleaf, J. 2000. Assessing land-use impacts on biodiversity using an expert systems tool. *Landscape Ecology* 15: 47-62
- Delgado, D; Finegan, B. 1999. Biodiversidad vegetal en bosques manejados. *Revista Forestal Centroamericana* 25: 14-20.
- Delgado, D; Finegan, B; Zamora, N; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: Cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Serie técnica. Informe técnico. CATIE, 298, Turrialba Costa Rica. 55 p.
- Fahrig, L; Merriam, G. 1994. Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology*. 8(1): 50-59.
- Finegan, B. 2004. Diversidad y procesos ecológicos en bosques tropicales. Apuntes del curso: Ecología y Biología de la Conservación. Escuela de Posgrado. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- 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*. CABI Publishing/IUFRO. Vienna, Austria. P. 341-378.
- Forman, RTT. 1995. Patches, Corridors, and Matrices. *Conservation Biology*. 11(1): 290-293.

- _____. 1995. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press.
- Forman, RTT; Godron, M. 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience* 31 (10): 733-740.
- Gallo, M. 1999. Identificación de tipos de bosques primarios en la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 65 p.
- García, H. 2002. Biología de la conservación: conceptos y prácticas. Costa Rica. 166 p.
- Guariguata, MR; Kattan, GH. 2002. Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. *In* Kattan, GH. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. LUR, Cartago, CR. 1 ed. p. 561-590.
- Hartshorn, GS. 2002. Biogeografía de los bosques neotropicales. *In* Guariguata, MR; Kattan, GH. (eds). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. Pp. 59-81.
- Hector, TS; Carr, MH; Zwick, PD. 1999. Identifying a Linked Reserve System Using a Regional Landscape Approach: the Florida Ecological Network. *Conservation Biology*. 14(4): 984-1000.
- Kattan, GH. 2002. Fragmentación: Patrones y mecanismos de extinción de especies. *In* Guariguata, MR; Kattan, GH (eds). Ecología y conservación de Bosques Neotropicales. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. Pp 561-590.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Instituto de Silvicultura de la Universidad de Göttingen. Eschborn, DE. 335 p.

- Louman, B; Villalobos, R; Campos, J. 2003. Resumen Ejecutivo “Bosque Modelo Reventazón”. CATIE, MINAE e ICE. Turrialba, Costa Rica.
- Louman, B; Quirós, D; Nilson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica, Manual Técnico N° 46, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Mann, CC; Plummer, ML. 1995. Are wildlife corridors the right path? Science vol. 270. p. 1428-1430.
- Matteucci, SD; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. USA, OEA. 163 p.
- Metzger, JP. 2000. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. Ecological Applications 10 (4): 1147-1161
- Miller, K; Chang, E; Johnson, N. 2001. En busca de un enfoque común para el Corredor Biológico Mesoamericano. World Resources Institute. 47 p.
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía) 2003. “Sobre el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE)” (en línea). Consultado el 24 Oct. de 2004. Disponible en: <http://www.minae.go.cr>
- Noss, RF; O'Connell; Murphy, D. 1997. The science of conservation planning: habitat conservation under the endangered species act. Island Press. Washington, D.C. 246 p.
- _____. 1991. Landscape Connectivity: different functions at different scales. In Hudson, WE. Landscape linkages and biodiversity. Island Press. Washington, USA. P. 91-104.
- _____. 1987. Corridors in real landscapes: a reply to simberloff and cox. Conservation Biology. 1(2): 159-164.

- Perdomo, MH. 2001. Herramientas para la planificación del manejo de los bosques a escala de paisaje en el municipio El Castillo del sudeste de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- Pérez, MA. 2000. Fitosociología de los Bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte Nicaragüense, una base para el manejo sostenible. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 130 p.
- Primack, R; Rozzi, R; Feinsinger, P. 2001. Diseño de Areas Protegidas. In Primack, R; Rozzi, R; Feinsinger, P; Dirzo, R; Massardo, F. 1998. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México. 477-495 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. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 114 p.
- Rosenberg, DK; Noon, BR; Meslow, EC. 1997. Biological corridors: form, function, and efficacy. *Bioscience*. 47(10): 677-687.
- Sánchez – Azofeifa, GA. 1996. Assessing land use/cover change in Costa Rica. Tesis PhD. University of New Hampshire.
- Sánchez – Azofeifa, GA; Harriss, RC; Skole, DL. 2001. Deforestation in Costa Rica: A Quantitative Analysis Using Remote Sensing Imagery. *Biotropica*. 33(3): 378-384.
- Saunders, DA; Hobbs, RJ; Margules, CR. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*. 5(1): 18-32.
- Saunders, DA; Hobbs, RJ (eds). 1991. Nature Conservation 2. The role of corridors. Surrey Beatty y Sons Pty Limited. Chipping Norton, NSW. 442 p.

- 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 Iñao, Bolivia. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 142 p.
- Shaffer, ML. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *BioScience* 31: 131-134.
- Simberloff, D; Farr, JA; Cox, J; Mehlman, DW. 1992. Movement corridors: conservation bargains or poor investments? *Conservation Biology*. 6(4): 493-501.
- Sullivan, R. 1989. Tying the landscape together: the need for wildlife corridors. Florida, US, University of Florida, Cooperative Extensión Service.
- Tabarelli, M; Mantovani, W; Peres, C.A. 1999. Effects of habitats fragmentation on plant guild structure in montage Atlantic Forest of southeastern of Brazil. *Biological Conservation* 91: 119-127.
- Tuomisto, H; Ruokolainen, K; Kalliola, R; Linna, A; Danjoy, W; Rodríguez, Z. 1995. Dissecting Amazonian Biodiversity. *Science* 296: 63-66.
- 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. PAUT y ONERN, Jyvaskyla, Finlandia. Pp 139-153.
- Turner, MG. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20: 171-197.

ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN

Artículo I: Identificación y caracterización florística de bosques naturales en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

1 INTRODUCCION

La determinación de las características florísticas de diferentes tipos de bosque y a diferentes escalas espaciales constituye una herramienta útil para generar los conocimientos necesarios para la elaboración de los planes de utilización, manejo y conservación de la biodiversidad. La escala puede ser pequeña para dar información exacta sobre las condiciones ecológicas del lugar muestreado, no siendo necesariamente representativas del paisaje, o puede ser grande a una escala de paisaje (Matteucci y Colma 1982).

En forma general la relación interactuante entre los factores ambientales del sitio y las especies que cohabitan en un espacio conjunto genera una diversidad de hábitats y tipos de vegetación (Matteucci y Colma 1982). Holdridge (1978), realizó el trazado de mapas de zonas de vida en función de variables biofísicas como precipitación, temperatura y la relación entre evapotranspiración potencial y precipitación. Aunque cada zona de vida esta descrita, existen diferentes patrones florísticos dentro de cada zona de vida siendo necesario identificar los diferentes tipos de bosques existentes (Gentry 1982).

A escalas espaciales grandes, el nivel de ecosistemas es una medida útil de biodiversidad, siendo ampliamente aceptado que la tipificación de bosques es una herramienta básica para la planificación y ejecución del manejo forestal y la conservación de biodiversidad (Finegan *et al.* 2001).

Los conocimientos sobre la composición florística de los bosques tropicales son aún muy pobres, lo que limita la posibilidad de generalizar patrones de diversidad, ya sea con propósitos científicos, de conservación (Berry 2002) o de manejo. Por lo que, para efectos del manejo del paisaje, los conceptos modernos tanto de conservación de biodiversidad como de

manejo forestal sostenible deben fundamentarse en conocimientos de los tipos de bosque de una zona (Noss 1996; Finegan *et al.* 2001).

Hoy en día una estrategia importante de conservación de la diversidad biológica la constituyen los corredores biológicos, basada en mantener la viabilidad de poblaciones de vida silvestre específicas en los fragmentos de hábitat; facilitando el paso de individuos de un fragmento a otro (Beier y Noss 1998; Barrett y Bohlen 1991; Rosenberg *et al.* 1997; García 2002), así como también mantener y restaurar muestras representativas de comunidades vegetales naturales y permitir la dispersión de plantas y animales permitiendo el flujo de genes y la colonización de sitios adecuados. La facilitación de la migración estacional de especies en busca de alimento entre diferentes hábitat es otra función de los corredores (Primack *et al.* 2001).

El trabajo se realizó en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca (CBVCT), tomando en cuenta que existe poca información respecto a la caracterización de bosques naturales en la zona y más aún considerando que el deterioro ambiental dentro del CBVCT, y la fragmentación de la cobertura boscosa dentro de éste atenta contra la biodiversidad lo que hace urgente la aplicación de una estrategia de conservación de los recursos naturales al interior del corredor (Canet 2003).

Los objetivos del estudio fueron: Identificar, caracterizar y comparar los tipos de bosques naturales en el CBVCT en términos de su estructura, composición, riqueza y diversidad florística, así como determinar la distribución espacial de los tipos de bosque natural dentro del CBVCT. Esta iniciativa busca contribuir al conocimiento y a la consolidación en el manejo del paisaje al interior del corredor, involucrando aspectos que van desde la caracterización de tipos de ecosistemas naturales y la elaboración del mapa potencial de los tipos de bosque en el CBVCT.

2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca (CBVCT) anteriormente Corredor Biológico Turrialba Jiménez (CBTJ) (Figura 1), se localiza en la provincia de Cartago (Costa Rica), ocupando alrededor del 23.1 % de éste territorio. Cuenta con una extensión aproximada de 72,000 ha. El CBTJ comprende el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCVC). Tiene un rango altitudinal que va desde los 339 msnm en el distrito de Peralta hasta los 3340 msnm en el Volcán Turrialba (Canet 2003).

El CBVCT, limita al norte con el Parque Nacional Volcán Turrialba y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central. Al oeste limita con la ciudad de Turrialba, mientras que al sur limita con el Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte, la Reserva Privada de Vida Silvestre La Marta y la Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis. Al este limita con la Reserva Indígena Cabecar de Chirripó (Figura 1).

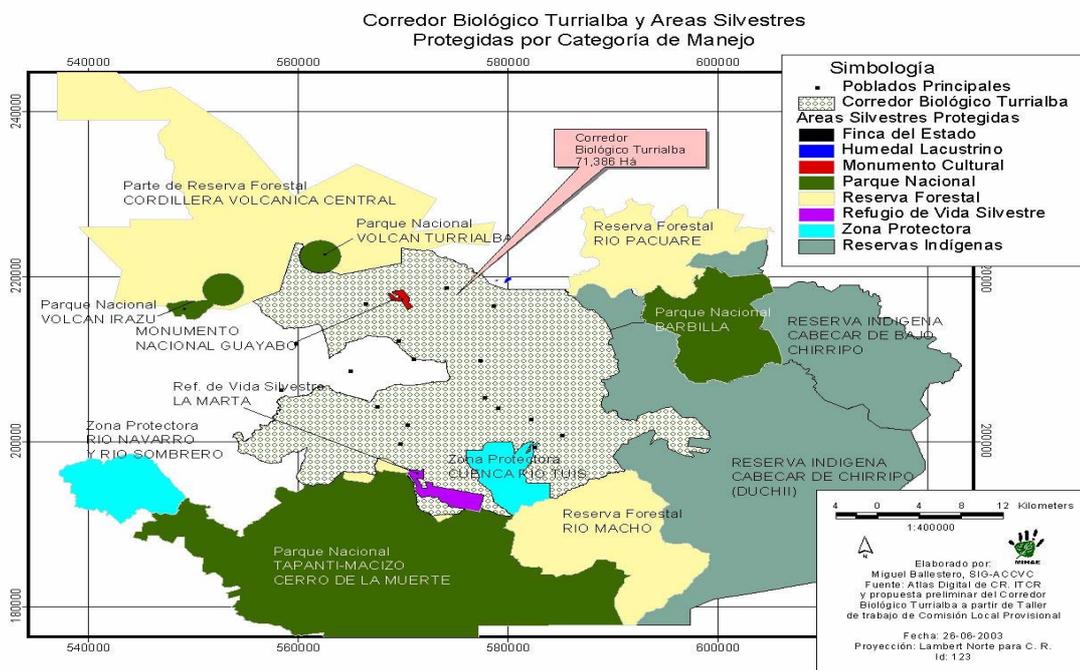


Figura 1. Mapa de ubicación del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

Las Areas Silvestres Protegidas (ASP) que integran el CBVCT, son el Parque Nacional Volcán Turrialba (PNVT), el Monumento Nacional Guayabo (MNG), la Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis (ZPCRT) y el Refugio Privado de Vida Silvestre La Marta (RPVSM) (ACCVC 2000, citado por Canet 2003).

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, por lo que 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 en la zona sur es de 6000 mm (Janzen 1991, citado por Canet 2003).

Según la clasificación de Holdridge (1978) y el Atlas de Costa Rica del Instituto Tecnológico de Costa Rica (2004), el CBVCT presenta siete zonas de vida y tres transiciones (Cuadro 1).

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

3 METODOLOGÍA

3.1 Diseño de muestreo

3.1.1 Elaboración de mapas preliminares

Previo al trabajo de campo se ubicó el área de estudio con la ayuda de la imagen de satélite Landsat TM, fotografías aéreas, en donde fue posible ubicar los fragmentos de bosques presentes.

Se hizo una interpretación visual usando el software Arc View de las fotos del Proyecto Carta del año 2003 a escala 1:40000 para hacer el levantamiento de las áreas en dos componentes: las áreas con bosque y sin bosque. La misma que fue afinada con la imagen de satélite Landsat TM del año 2003 con resolución 28.5m x 28.5m (Fuente: Laboratorio de Sistema de Información Geográfico del CATIE).

Para guiar el muestreo se realizó una estratificación conjugando la capa de suelos (ITCR 2000) con sus dos órdenes: Inceptisoles y Ultisoles y la capa de pendiente. Esta última capa fue generada a partir de un modelo de elevación digital (MED) 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 (11, 12, 13, 21, 22 y 23). Ver Anexo 1.

Así mismo fue útil contar con el mapa de zonas de vida (Atlas de Costa Rica 2000) para complementar con la información anterior y establecer las unidades de muestreo que para éste caso fue posible abarcar 6 de las 10 zonas de vida presentes en el corredor.

3.1.2 Selección de bosques y levantamiento de información de campo

El muestreo enfatizó la vegetación secundaria por ser la más predominante en el corredor, buscando siempre tener parcelas de bosque primario como referencia. El estudio contempló la caracterización de la vegetación en parcelas temporales de muestreo. Se tuvo previamente la ubicación de los parches y fragmentos de bosques seleccionados de tal manera que estén representados en la mayoría de los estratos. El proceso de selección de los parches de bosque se hizo de tal manera que se abarcara muestrear diversos lugares con cobertura boscosa dentro del corredor. Así mismo se tomó en cuenta la edad del bosque, cuya información se obtuvo a partir de conversaciones sostenidas con el personal involucrado en el área de estudio y en la medida fueron corroboradas mediante visitas realizadas al Ministerio Nacional del Ambiente (MINAE), con sede en la ciudad de Turrialba. La selección comprendió parches de bosques riparios ubicados en la parte norte. También los fragmentos y parches de bosques más grandes ubicados en la parte sur del corredor. Así mismo, se seleccionaron varios parches de bosque ubicados entre la parte central y sector este del corredor.

Se tuvo en cuenta los siguientes criterios en la selección:

- a) *Estado de conservación del parche*; aquellos fragmentos con evidencia de intervención humana como aprovechamiento de madera no fueron considerados debido a los cambios importantes que esto puede ocasionar a su estructura y composición florística. Esta ubicación de sitios fue posible gracias a la información obtenida de parte de los propietarios o encargados de las fincas, así como del Ministerio Nacional del Ambiente (MINAE) y por supuesto también corroborado con las visitas de campo realizadas por el autor y el personal que acompañaba.
- b) *Tamaño y forma del parche*; para evitar en lo posible efectos de borde se consideró un área mínima de bosque entre 8 a 10 ha tanto para bosque primario como para bosque secundario en donde fuera posible la instalación mínima de al menos dos parcelas en bosque secundario con una distancia de separación no menor de 300 m.

c) *Facilidad de acceso*

En la etapa de campo se instalaron y midieron 36 parcelas, 29 parcelas en bosque secundario por ser la cobertura de mayor predominancia y 7 parcelas en bosque primario, ubicadas relativamente cerca de los parches de bosque secundario muestreado y que a la vez se ubiquen en la mayoría de los seis estratos establecidos en la etapa anterior (Figura 2). Las características de los sitios muestreados para las 36 parcelas se muestran en el Anexo 2. Mientras que, a cantidad de parcelas en cada estrato se detalla en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Número de parcelas instaladas para caracterizar la vegetación natural en cada uno de los seis estratos al interior del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

Estrato	Nº Parcela
11	6
12	8
13	5
21	5
22	10
23	2
Total	36

La dimensión de las parcelas fue de 50 m x 50 m (0.25 ha) tanto en bosque primario y secundario, evaluando árboles con diámetro a la altura del pecho (dap) \geq 20 cm, palmas y helechos con un dap \geq 10 cm. Mientras que, para lianas un tallo con circunferencia \geq 10 cm. 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 toda la vegetación a partir de un dap \geq 10 cm. Se utilizaron dos tamaños de parcelas para establecer si existen diferencias en cuanto a la caracterización de la cobertura vegetal. Sin embargo la clasificación final de la cobertura vegetal se basa en el tamaño de parcela de 0.25 ha, con un dap \geq 20 cm para árboles, para palmas, helechos con un dap \geq 10 cm y lianas con un tallo con circunferencia \geq 10 cm.

Para la instalación de parcelas se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

1) Para el caso de parcelas en bosque primario, estas se instalaron considerando una distancia de 150 m del borde del fragmento para evitar el efecto de borde, considerando esta distancia de acuerdo a estudios realizados por Ferreira y Laurance (1997) en el Amazonas Central. Por

otro lado, para las parcelas en bosque secundario se consideró una distancia entre 30 m a 50 m desde el borde del parche tomando en cuenta que el sistema se encuentra sujeto a un proceso de restauración ecológica producido por la alteración de la cobertura vegetal original.

2) Se evitó las condiciones atípicas en los fragmentos y parches de bosque, como por ejemplo, áreas anegadas, áreas pequeñas y áreas donde se evidencia un menor o mayor desarrollo del rodal.

3) El distanciamiento entre parcelas fue de por lo menos 300 m.

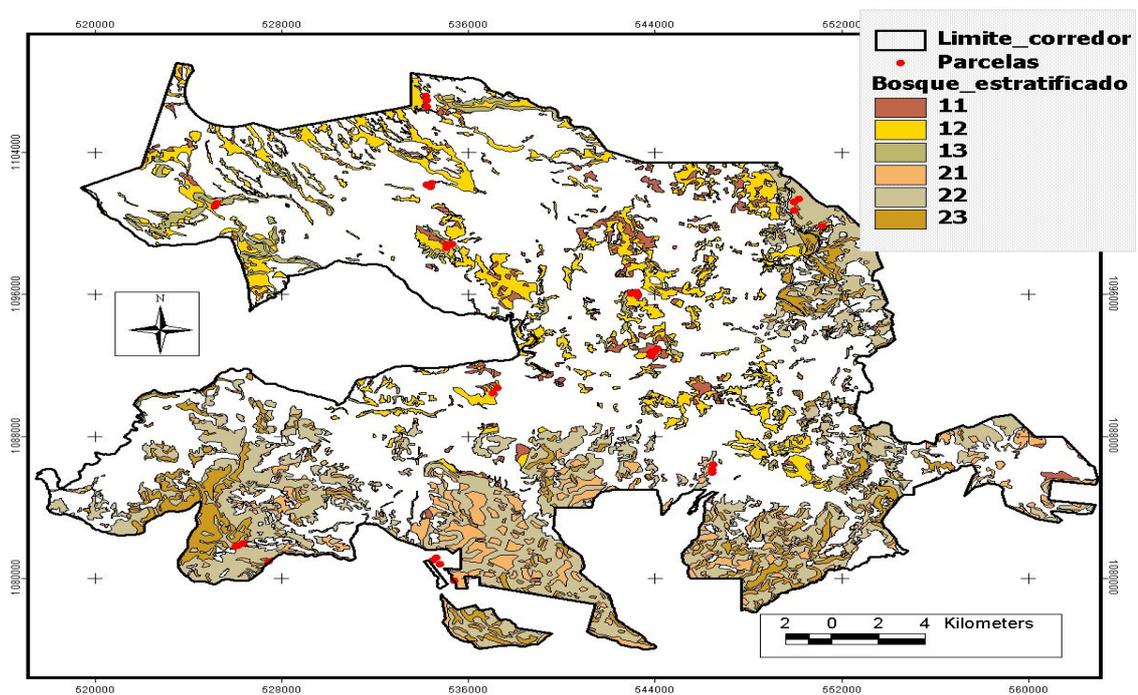


Figura 2. Mapa de ubicación de 36 parcelas (puntos rojos). Los colores corresponden a los seis estratos 11, 12, 13, 21, 22 y 23.

Para la identificación botánica de los individuos se contó con el apoyo de un parataxónomo experimentado, quien identificaba a nivel de especies muchos de los individuos encontrados, mientras que todos aquellos individuos que no fue posible ser identificados en el campo se tuvieron que identificar enviando muestras botánicas al Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) para ser identificadas por el botánico Nelson Zamora.

3.2 Análisis de los datos

3.2.1 Composición y Clasificación de la cobertura boscosa

Todos los análisis descritos en el presente acápite se hicieron para las parcelas de 0.25 ha y de 0.10 ha por separado. Se procedió a calcular por parcela el Índice de Valor de Importancia (IVI) para cada una de las especies encontradas.

Para los análisis multivariados se usó el software PC – ORD v. 4.25 (McCune y Mefford 1999). Las parcelas de bosque primario y secundario fueron analizadas juntas. Las especies utilizadas en el análisis fueron aquellas presentes en dos o más parcelas, elaborándose las matrices principales con los valores de IVI's. Para la clasificación de los bosques se empleó el *Cluster Análisis* 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* con diferente número de grupos como apoyo para la conformación de los tipos de bosque (McCune y Grace 2002). A partir de los resultados obtenidos de la prueba de Monte Carlo, se calculó primero el promedio del valor de p , cuyo valor es basado sobre la proporción de pruebas aleatorizadas con un valor indicador igual o excediendo al valor indicador observado (IV). El valor más bajo de p , es un indicador del número óptimo de grupos a definir de manera tal que las parcelas que se están agrupando considerando las especies, presenten diferencias estadísticas. Posteriormente, de los resultados del análisis de especies indicadoras se determinó el número de especies significativas con $p \leq 0.05$ para cada cluster considerado como un tipo específico de bosque, y finalmente se hizo las respectivas gráficas.

Para establecer la relación entre variables ambientales y tipos de bosque, se usó el análisis discriminante canónico a fin de determinar qué variables son las que tienen más peso discriminante en la diferenciación de los tipos de bosque. Este análisis se hizo utilizando el programa estadístico SAS v. 6.1. Se tomaron en cuenta seis variables ambientales: Edad del

bosque, Altitud de las unidades de muestreo, Pendiente, Precipitación, Suelos (Ultisol, Inceptisol y Andisol) y Zonas de Vida (BHT, BMHMB, BPP, MBHP).

Los datos de edad del bosque se obtuvieron al momento de realizar el trabajo de campo, a través de conversaciones sostenidas con el personal involucrado en el área de estudio y en la medida fueron corroboradas mediante visitas realizadas al Ministerio Nacional del Ambiente (MINAE), con sede en la ciudad de Turrialba. Los datos de altitud y pendiente se obtuvieron del modelo de elevación digital (MED) a cada 10 m de altitud, obtenidas de las curvas de nivel del área correspondiente a la zona de estudio. Los datos de precipitación fueron ploteadas y se obtuvo una capa de isoyetas (IMN, 1975). Los datos de suelos fueron suministrados por Winowiecki, (2005¹), mientras que los datos de zona de vida se obtuvieron del Atlas de Costa Rica (ITCR, 2004).

Una vez que, el análisis discriminante canónico establece qué variable(s) es la que más discrimina en la diferenciación de los tipos de bosque, se hizo un ANDEVA con la prueba de Duncan y un $\alpha = 0.05$ de las variables que resultaron significativas en el anterior análisis para ver si existen diferencias significativas.

También se hizo un análisis de Ordenación *Nonmetric Multidimensional Scaling* (NMS), que es un método efectivo de ordenación mediante un análisis de correspondencia (asociación) de especies – parcelas (McCune y Grace 2002), a través del programa PC – ORD v. 4.25 y su opción “autopiloto”. La medida de distancia utilizada para este análisis fue el coeficiente de Sorensen (ó Bray-Curtis).

Para este análisis, la configuración inicial aleatoria y el número de dimensiones, usado en la ordenación final, fue dado por el proceso que realiza el “autopiloto”. Este último empleó 40 corridas para los datos reales y realizó la prueba de Monte Carlo con 50 corridas para datos aleatorios, con un $\alpha = 0.05$. El proceso tomó en cuenta seis dimensiones y para la ordenación final se emplearon dos dimensiones, con 400 iteraciones máximas y un criterio de inestabilidad de 0.00001 (desviación estándar del estrés sobre las últimas 15 iteraciones) (McCune y Grace 2002; McCune y Mefford 1999). Esto dio como resultado un diagrama, que

¹ Winowiecki 2005. Comunicación personal, CATIE.

es una representación gráfica de la asociación que puede existir entre parcelas y entre especies, como una forma particular de ver la correspondencia entre estas.

3.2.2 Estructura, diversidad y riqueza de los tipos de bosque

Para los análisis de estructura, diversidad y riqueza de los tipos de bosque se utilizó solo las especies de las 29 parcelas muestreadas en bosque secundario para evitar confusión con las medidas de clases diamétricas obtenidas de las 7 parcelas ubicadas en bosque primario.

Para cada uno de los tipos de bosque identificados se hicieron los cálculos de medias 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, empleando el programa EstimateS v. 5.0.1 (Colwell 1997). También se calculó el índice de equitatividad (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.

3.2.3 Elaboración preliminar del mapa potencial de tipos de bosque

Para la elaboración del mapa potencial de tipos de bosque, se utilizó la cobertura de bosque (mapa preliminar de cobertura boscosa elaborado en etapa de diseño de muestreo) y se transformó esta capa a formato grid considerando un tamaño de pixel de 30 m x 30 m. Después el modelo de elevación digital (MED) se reclasificó en cinco rangos altitudinales de acuerdo al número de tipos de bosque establecidos anteriormente. Posteriormente, estas dos capas fueron sumadas usando el software Arc View y se obtuvo el producto final del mapa potencial de tipos de bosque en el CBVCT.

4 RESULTADOS

4.1 Mapa preliminar de cobertura boscosa

De acuerdo al mapa de bosque y no bosque elaborado para efectos del presente estudio (Figura 3) se tiene que los núcleos de bosques más grandes se encuentran ubicados en la parte sur del corredor. Todos estos sitios colindan con categorías de áreas protegidas. El paisaje se alterna con otros usos del suelo como café, pasto, caña, mientras que las zonas de uso mixto predominan sobre las áreas de uso urbano.

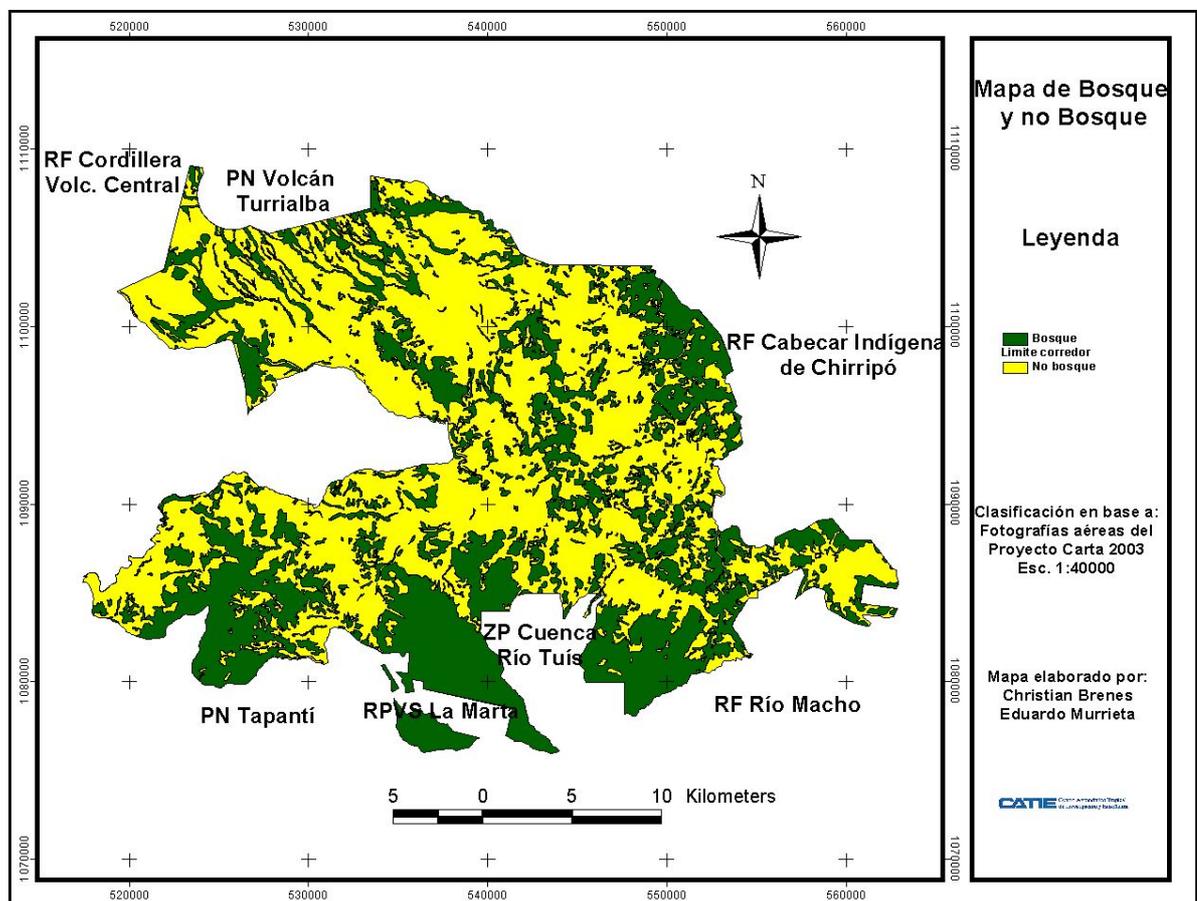


Figura 3. Mapa de Bosque (color verde) y no Bosque (color amarillo) del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

4.2 Determinación de tipos de bosque dentro del CBVCT

Los resultados de los análisis de conglomerados se presentan para los dos rangos diamétricos ($\geq 10, \geq 20$ cm de dap) y tamaños de parcelas (0.10, 0.25 ha), en las Figuras 4 y 5.

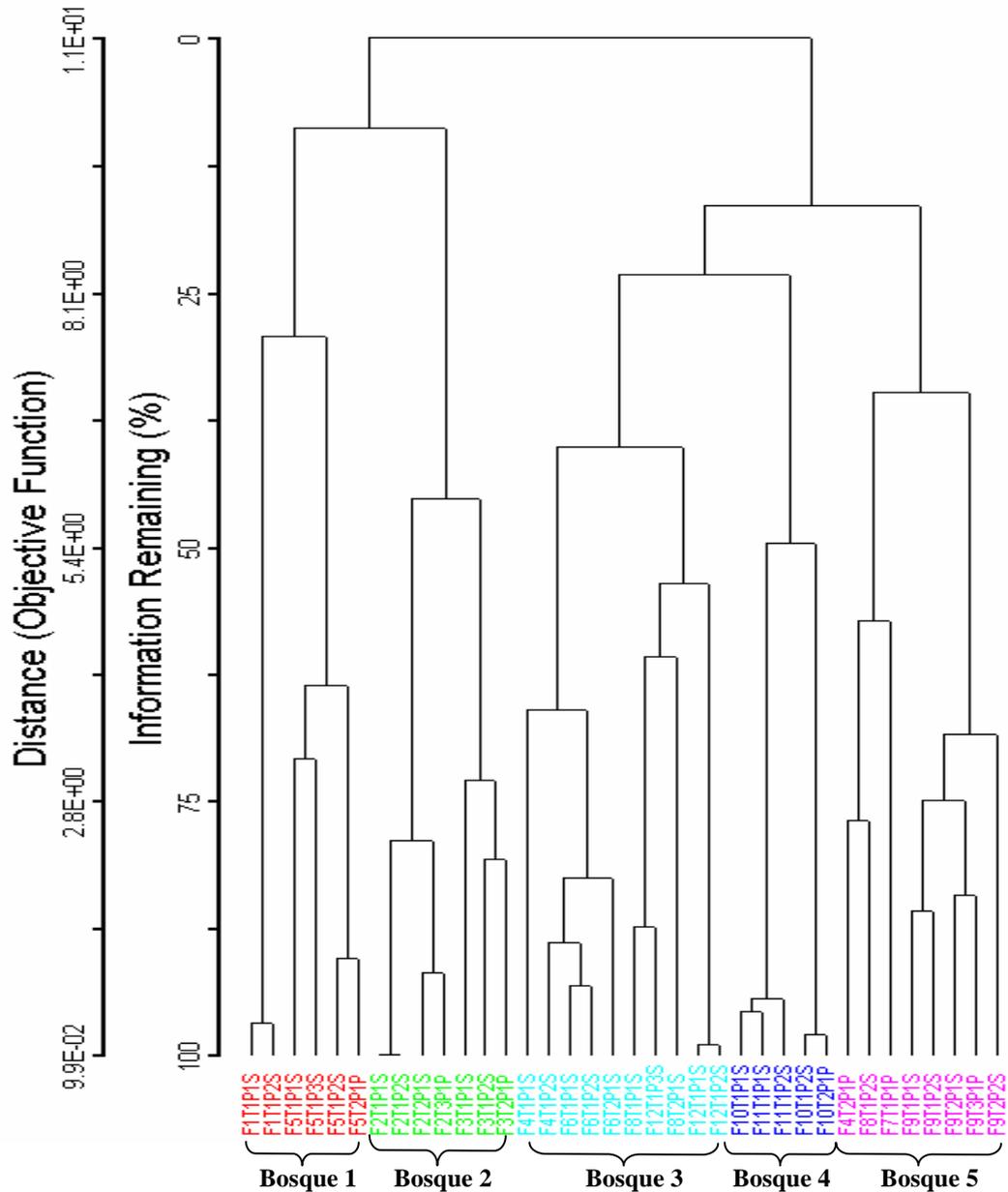


Figura 4. Dendrograma, resultado del análisis de conglomerados en parcelas de 0.25 ha en bosques naturales del CBVCT, considerando la medición de árboles con dap ≥ 20 cm, palmas y helechos con un dap ≥ 10 cm, lianas con un tallo de circunferencia ≥ 10 cm. Los colores corresponden a códigos de las parcelas, en donde las letras (s) simbolizan bosque secundario y (p) bosque primario.

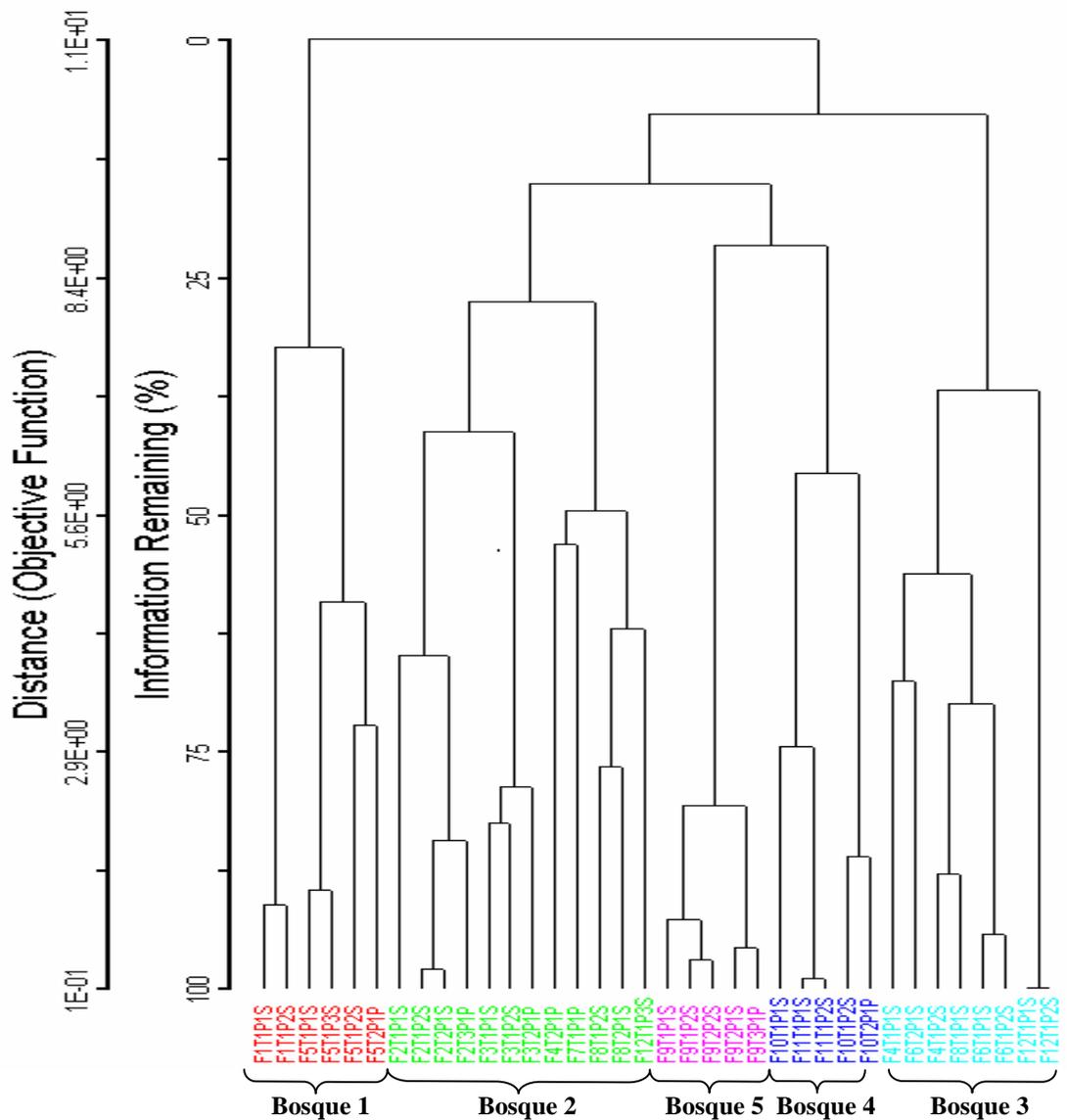


Figura 5. Dendrograma, resultado del análisis de conglomerados en parcelas de 0.10 ha en bosques naturales del CBVCT, considerando la medición de árboles, palmas y helechos con dap ≥ 10 cm y lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm. Los colores corresponden a códigos de las parcelas, en donde las letras (s) simbolizan bosque secundario y (p) bosque primario.

Los tipos de bosque señalados en las Figuras 4 y 5 fueron delimitados según los criterios descritos a continuación.

Con el propósito de obtener el número óptimo de cluster o grupos de bosques tal como se muestran en las Figuras 6a y 6b, se realizó una prueba, considerando el tamaño de la parcela de 0.25 ha.

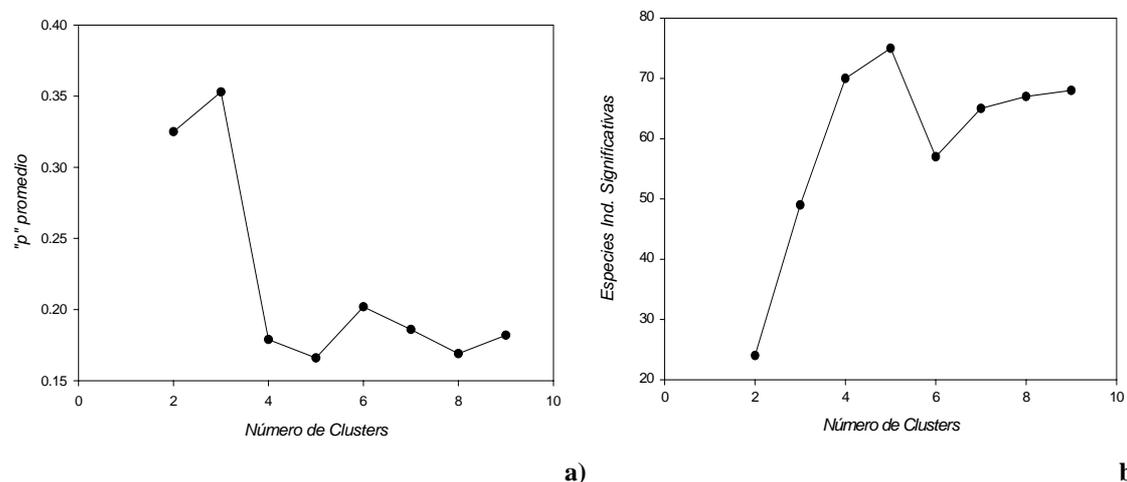


Figura 6: Análisis de especies indicadoras para la parcela de 0.25 ha, como criterio objetivo para cortar los dendrogramas a) número de clusters vs. promedio de p (probabilidad de encontrar diferencias estadísticas) y b) número de clusters vs. número de especies indicadoras significativas

La Figura 6a, ilustra el número de clusters vs. el promedio de p (probabilidad de encontrar diferencias estadísticas en la conformación de grupos de bosque). El menor valor de p corresponde a cinco grupos. En la Figura 6b, ilustra el número de clusters vs. el número de especies indicadoras significativas con $p \leq 0.05$ y también para este caso se obtiene un número óptimo de cinco grupos. Para el caso de la parcela de 0.1 ha se hizo el mismo proceso y también se obtuvo como resultado cinco grupos.

Las características de cada uno de los cinco tipos de bosques así definidos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Principales características de los cinco tipos de bosque identificados en el CBVCT

Bosque	Nº Parcelas	Orden de suelos	Rango pendiente (%)	Rango elevación (msnm)
1	2 4	Inceptisoles Ultisoles	20 - 60 % > 60 %	415 - 753
2	7	Ultisoles	0 - 20 % 20 - 60 %	753 - 1012
3	7 3	Inceptisoles Ultisoles	0 - 20 % 20 - 60 %	1012 - 1187
4	5	Inceptisoles	20 - 60 % > 60 %	1275 - 1739
5	7 1	Inceptisoles Ultisoles	0 - 20 % 20 - 60 % > 60 %	1187 - 1275

Los tipos de bosque se distribuyen en relación con tipos de suelo, pendiente y rangos de elevación (Cuadro 3). Es importante señalar que el análisis no diferenció los bosques primarios de los secundarios en cuanto a composición florística. Además las parcelas muestreadas en bosque primario se encuentran agrupadas en 4 de los diferentes tipos de bosque a excepción del bosque 3.

De acuerdo al análisis *discriminante canónico*, según se ilustra en el Cuadro 4, la altitud es la variable más importante y con más peso discriminante que determina la variación en los tipos de bosque. El valor absoluto de 1.47 para el coeficiente de altitud, muestra que en el primer eje canónico predomina dicha variable para establecer la diferenciación mayor sobre los tipos de bosque. Otras variables con menos poder discriminante fueron edad y precipitación en el primer eje canónico y suelos en el segundo eje canónico.

Cuadro 4. Resultados del análisis discriminante canónico de las variables ambientales para la diferenciación de tipos de bosque en el CBVCT

Variables ambientales (coeficientes canónicos)	Ejes Canónicos	
	1	2
Edad	0.7	0.2
Altitud	-1.47	0.03
Pendiente	0.09	-0.41
Precipitación	-0.7	-1.90E-03
Ultisol	-0.13	-0.28
Inceptisol	-0.46	-0.73
Andisol	0.4	0.68
BHT	0.28	-0.04
BMHMB	-0.03	0.18
BPP	-0.42	-0.36
BMHP	-0.23	0.08

Posteriormente se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) a fin de determinar exactamente las diferencias estadísticamente significativas entre las variables que más discriminaban en el análisis anterior. De esta manera, se confirma que la altitud es la variable que mejor explica en la diferenciación de los cinco tipos de bosque, mientras que la edad solamente llega a diferenciar dos grupos de bosque y las demás variables (pendiente y precipitación) no establecen diferencias significativas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores promedios y error estándar para las variables ambientales en relación con los cinco tipos de bosque identificados en el CBVCT (Pr > F $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).

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

Los bosques 3 y 4 son aquellos que presentan mayor edad con respecto a los otros. Mientras que el bosque 4 se encuentra a mayores elevaciones que los demás tipos de bosque.

También se aplicó el análisis de *Ordenación – NMS*. Este análisis a nivel de las parcelas de 0.25 ha, reportó un estrés final de 15.65 para una solución de tres dimensiones (3 ejes), una inestabilidad final de 0.00009 y un número de iteraciones igual a 70, a partir de las cuales el estrés se estabilizó, lo cual indica que estamos dentro del rango aceptable de una solución óptima ya que McCune y Grace (2002) recomiendan una inestabilidad final de 10^{-4} .

El coeficiente de determinación r^2 para las correlaciones entre las distancias de ordenación y las distancias en el espacio original n -dimensional explican exactamente la variabilidad de los datos en dos de los tres ejes con un porcentaje acumulado de 54.5 % de la varianza, por lo que se considera satisfactorio cuando se puede explicar más del 50 % de la varianza en estos ejes (McCune y Grace 2002). Los ejes 2 y 3 (Figura 7), explicaron el 18.7 % y 35.8 % respectivamente, de la variación de los datos florísticos en las parcelas.

El diagrama mostró la misma tendencia de agrupamiento de los cinco tipos de bosque identificados en el análisis de conglomerados. Las especies y parcelas se ordenaron sobre dos ejes de un plano cartesiano para su interpretación en términos del gradiente altitudinal.

Las parcelas de los bosques 2, 3 y 4 se encuentran distribuidas sobre el eje 2, ubicados entre los valores de 0.2 a -1.0, -0.3 a 1.5 y -0.5 a 0.8 respectivamente. En tanto las parcelas de los bosques 1 y 5 se encuentran espacialmente distribuidas sobre el eje 3, ubicados entre los valores de -0.3 a -1.4 y -0.2 a 0.8 respectivamente.

El análisis de ordenación al nivel de parcelas de 0.10 ha, reportó un estrés final de 14.71 para una solución de tres dimensiones (3 ejes), una inestabilidad final de 0.00006 y un número de iteraciones igual a 132, a partir de las cuales el estrés se estabilizó, lo cual indica también que estamos dentro del rango aceptable de una solución óptima.

El coeficiente de determinación r^2 para las correlaciones entre las distancias de ordenación y distancias en el espacio original n -dimensional explican exactamente la variabilidad de los datos en dos de los tres ejes con un porcentaje acumulado de 54.8 % de la varianza, por lo que se considera satisfactorio cuando se puede explicar más del 50 % de la varianza en estos ejes (McCune y Grace 2002). Los ejes 1 y 2 (Figura 8), explicaron el 25.7 % y 29.1 % respectivamente, de la variación de los datos florísticos en las parcelas.

También para este caso, el diagrama mostró la misma tendencia de agrupamiento de los cinco tipos de bosque identificados en el análisis de conglomerados. Por lo que, las especies y parcelas se ordenaron sobre dos ejes de un plano cartesiano para su interpretación en términos del gradiente altitudinal.

Las parcelas de los bosques 1, 2 y 5 se encuentran distribuidas sobre el eje 1, ubicados entre los valores de 0.5 a 1.6, -0.5 a 1.0 y -0.4 a -1.0 respectivamente. En tanto las parcelas de los bosques 3 y 4 se encuentran espacialmente distribuidas sobre el eje 2, ubicados entre los valores de -0.3 a -1.4 y 0.2 a -1.0 respectivamente.

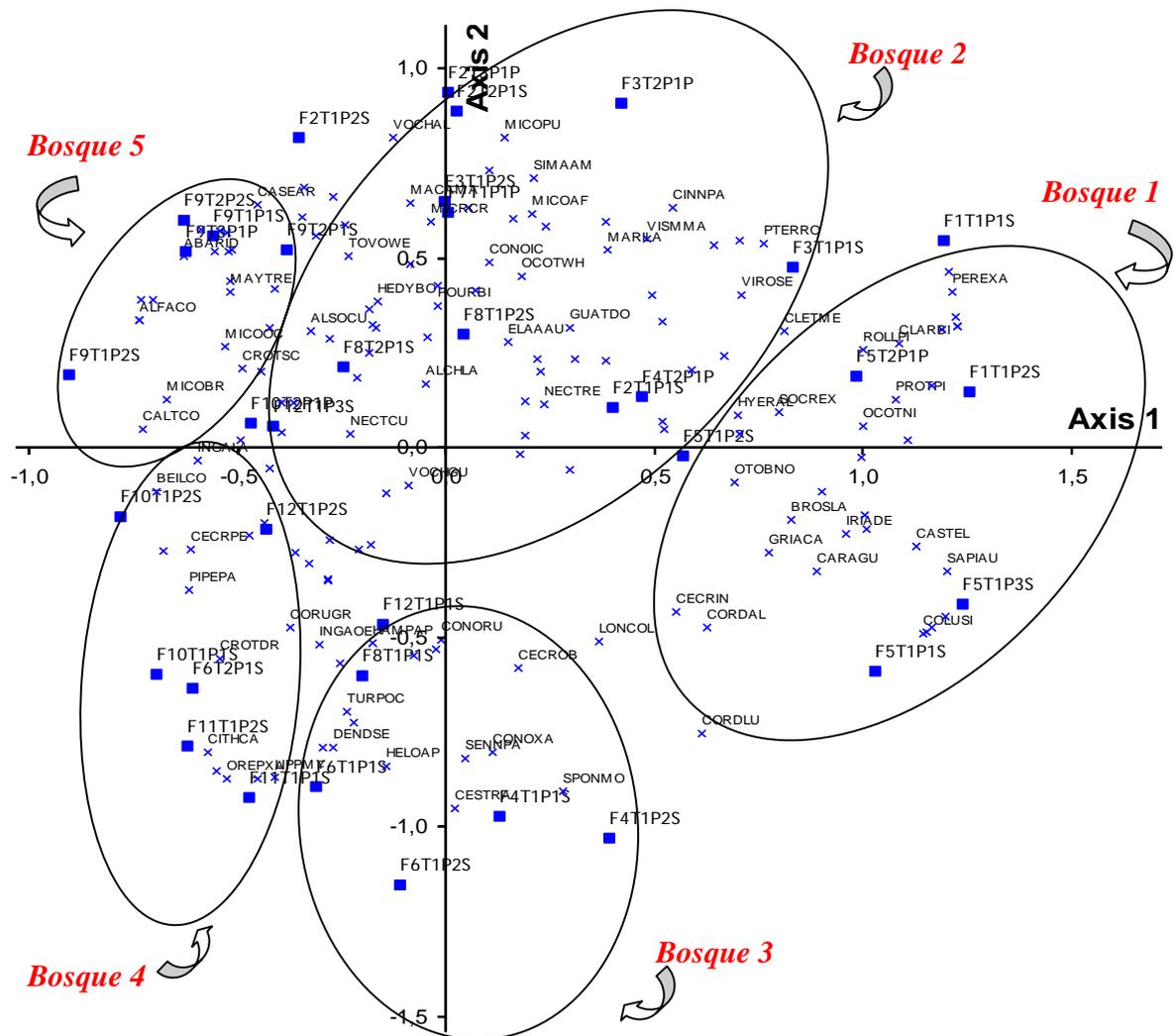


Figura 8. Diagrama de Ordenación – NMS de la relación entre 36 parcelas y las especies indicadoras más importantes en los cinco tipos de bosque del CBVCT para parcelas de 0.10 ha. Las parcelas están representados por cuadrados cerrados de color azul junto con sus respectivos códigos como por ejemplo, F1T1P1S, que significa F1: fragmento 1, T1: transecto 1, P1: parcela 1, S: secundario y P: primario. Las especies son las aspas de color azul junto con sus respectivos códigos.

Ocotea nicaraguensis (OCOTNI), *Clarisia biflora* (CLARBI), *Rollinia pittieri* (ROLLPI), *Vismia macrophylla* (VISMMA), *Miconia punctata* (MICOPU), *Vochysia allenii* (VOCHAL), *Hampea appendiculata* (HAMPAP), *Cecropia obtusifolia* (CECROB), *Conostegia rufescens* (CONORU), *Citharexylum caudatum* (CITHCA), *Croton draco* (CROTDR), *Cecropia peltata* (CECRPE), *Croton schiedeanus* (CROTSC), *Alfaroa costaricensis* (ALFACO), *Abarema idiopoda* (ABARID), *Iriartea deltoidea* (IRIADE), *Socratea exorrhiza* (SOCREX), *Clethra mexicana* (CLETME), *Castilla elástica* (CASTEL), *Carapa guianensis* (CARAGU), *Protium pittieri* (PROTPI), *Brosimum lactescens* (BROSLA), *Cordia alliodora* (CORDAL), *Otoba novogranatensis* (OTOBNO), *Hedyosmum bonplandianum* (HEDYBO), *Simarouba amara* (SIMAAM), *Casearia arborea* (CASEAR), *Beilschmiedia costaricensis* (BEILCO), *Piper palmanum* (PIPEPA).

4.3 Descripción florística de los tipos de bosque

Las especies más importantes y con mayor peso ecológico por parcela y por tipo de bosque se determinaron según el criterio del Índice de Valor de Importancia (IVI) (Ver Anexo 3, 4 y 5).

Las primeras 5 especies indicadoras para cada uno de los tipos de bosque con un resultado significativo de la prueba de Monte Carlo ($p \leq 0.05$) y con su correspondiente porcentaje del valor indicador (VI) se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Cuadro de análisis de las especies indicadoras para los 5 tipos de bosque, estadísticamente significativas para un $p \leq 0.05$ aplicados en la parcela de 0.25 ha (a) y para la parcela de 0.10 ha (b).

a) Parcelas de 0.25 ha				b) Parcelas de 0.10 ha			
Especies	Tipo Bosque	Valor Indicador (VI)	P	Especies	Tipo Bosque	Valor Indicador (VI)	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 nicaragiensis</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>Helicarpus 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 schiedeanaus</i>	5	58.8	0.002	<i>Croton schiedeanaus</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				

La lista completa de las especies indicadoras tanto para la parcela de 0.25 ha y de 0.10 ha, se muestran en el Anexo 6.

Es importante señalar que del análisis de especies indicadoras resultantes en ambos tamaños de parcelas (0.25 ha y de 0.10 ha), muestran resultados muy parecidos en la conformación de las especies que caracterizan a cada tipo de bosque. Por lo tanto, en función a estos resultados, los cinco tipos de bosque se describen a continuación como:

Bosque de *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaragüensis* y *Rollinia pittieri* (Bosque 1) con un rango altitudinal entre 415 a 753 msnm. Este bosque se caracteriza por estar conformado por especies tanto de bosque primario y secundario, ya que estas parcelas proceden de ambos tipos de bosque. La especie con mayor peso ecológico (IVI) fue *Clethra mexicana*. Este bosque se encuentra asociado con dos especies de palmas: *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza*. Otras especies arbóreas que conforman éste grupo son: *Brosimum lactescens*, *Carapa guianensis*, *Otoba novogranatensis*, *Virola koschnyi*, *Virola sebifera*, *Tetragastris panamensis*, *Apeiba membranacea*, *Trichospermum grewiifolium*, *Celtis schippii* y *Hyeronima alchorneoides*.

Bosque de *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii* y *Miconia punctata* (Bosque 2) con un rango altitudinal entre 753 a 1012 msnm, contiene especies de bosque primario y secundario que caracterizan a éste grupo de acuerdo al mayor valor indicador (VI) y a la significancia estadística ($p \leq 0.05$). Otras especies arbóreas importantes y presentes en este grupo son: *Simarouba amara*, *Tetrorchidium euryphyllum*, *Jacaranda copaia*, *Hedyosmum bonplandianum*, *Miconia multipiscata*, *Nectandra reticulata*, *Vochysia ferruginea*, *Pourouma bicolor* y *Dystovomita paniculata*. También en éste grupo hay presencia de una palma como *Euterpe precatoria* y los helechos *Alsophila cuspidata* y *Cyathea microdonta*.

Bosque de *Hampea appendiculata*, *Cecropia obtusifolia* y *Conostegia rufescens*, (Bosque 3) con un rango altitudinal entre 1012 a 1187 msnm. Las especies que caracterizan a éste grupo en su mayoría son propias de bosque secundario, aunque también hay presencia de especies de bosque primario. En este bosque, la especie arbórea *Heliocarpus appendiculatus*, es la que tiene mayor valor de IVI. A este bosque se encuentran también asociadas otras especies como

Sapium pachystachys, *Inga punctata*, *Inga oerstediana* y *Dendropanax arboreus*. El helecho *Alsophila cuspidata*, también reporta presencia en éste grupo.

Bosque de *Croton draco*, *Citharexylum caudatum* y *Cecropia peltata* (Bosque 4) con un rango altitudinal entre 1275 a 1739 msnm. Estas especies son las que más discriminaron en la caracterización de éste grupo. Igualmente, en este tipo de bosque hay una marcada presencia de especies de bosque secundario como *Cyathea microdonta*, que es la especie en este grupo con el más alto valor de IVI. Otras especies arbóreas asociadas a éste tipo de bosque fueron: *Miconia trinervia*, *Alchornea costaricensis*, *Trema micrantha*, *Inga latipes*, *Symphonia globulifera*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Oreopanax xalapensis*, *Beilschmiedia costaricensis*, *Lippia myriocephala*, *Ilex lamprophylla* y *Ocotea austinii*. También a este bosque se encuentra asociada otro helecho como *Alsophila cuspidata*.

Bosque de *Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis*, y *Abarema idiopoda* (Bosque 5) con un rango altitudinal entre 1187 a 1275 msnm. Estas especies indicadoras son las que caracterizan a éste grupo por tener los valores más altos de VI y ser a la vez los que más discriminan estadísticamente, mientras que también en este grupo se encuentra una mezcla de especies de bosque secundario y primario como el helecho *Cyathea microdonta*, que es el que sobresale con el mayor valor de IVI. Así mismo, se encuentran asociadas otras especies arbóreas como: *Licania sparsipilis*, *Inga pezizifera*, *Inga leonis*, *Posoqueria panamensis*, *Quercus bumelioides*, *Miconia sp. 01*, *Dendropanax arboreus*, *Tovomita weddelliana*, *Calophyllum brasiliense* y *Billia colombiana*.

De la caracterización de la cobertura vegetal determinada en el presente estudio se localizan la presencia de especies endémicas en el corredor: *Abarema racemiflora*, *Croton megistocarpus*, *Inga latines*, *Maytenus recondita*, *Povedadaphne quadriporata* (Zamora 2006²).

² Nelson Zamora, 2006. Comunicación escrita de las especies encontradas en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

Así mismo, se registra especies raras (por su poca o escasa presencia en la vertiente del Caribe) como *Cornus peruviana*, *Couepia platycalyx*, *Esenbeckia pentaphylla* (Zamora 2006²).

Se encontró dentro del corredor especies que se consideran tener una distribución más propia de la vertiente del Pacífico como *Alchornea glandulosa*, *Aparisthium cordatum*, *Ficus caldasiana*, *Ficus crassivenosa*, *Gymnanthes riparia*, *Hasseltia guatemalensis*, *Inga allenii*, *Inga exalata*, *Licania sparsipilis*, *Macrohasseltia macroterantha*, *Maytenus recondita*, *Nectandra sinuata*, *Ocotea stenoneura*, *Ocotea pullifolia*, *Pouteria juruana*, *Pseudolmedia oxyphyllaria*, *Salacia petenensis*, *Sarcaulus brasiliensis*, *Perebea xanthochyma*, *Miconia dolichorrhynchia*, *Miconia holosericea*, *Tapirira mexicana* (Zamora 2006²).

Hubo otras especies que se registran por primera vez para la vertiente del Caribe y de distribución más bien Pacífica como *Aparisthium cordatum*, *Licania sparsipilis*, *Macrohasseltia macroterantha*, *Maytenus recondita*, *Miconia dolichorrhynchia*, *Miconia holosericea*, *Ocotea pullifolia*, *Gymnanthes riparia*, *Salacia petenensis*, *Pouteria juruana*. Estas especies más las indicadas en el punto anterior, son claros ejemplos y evidencias del flujo de especies (Pacífico – Caribe) que pudo haber en el pasado cuando la Cordillera Central aún no se había formado (Zamora 2006²).

4.4 Análisis estructural de los cinco tipos de bosque

Se hizo el análisis estructural tanto a nivel de las parcelas de 0.25 ha y de 0.10 ha, considerando el número de individuos (N/ha). Con respecto a los totales, el ANDEVA mostró diferencias estadísticas sólo a nivel de la parcela de 0.10 ha. Para éste tamaño de parcela, el bosque 5 resultó presentar más individuos que los demás bosques, teniendo la mayor cantidad de individuos por hectárea. Así mismo se observa diferencias estadísticas similares para ambas parcelas en las clases diamétricas de 50 – 60 cm y > 60 cm (Cuadro 7a y 7b).

² Nelson Zamora, 2006. Comunicación escrita de las especies encontradas en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

Cuadro 7. Promedios y error estándar del número de individuos (N/ha), para los cinco tipos de bosque a) al nivel de la parcela de 0.25 ha, considerando los árboles con $dap \geq 20$ cm y b) al nivel de la parcela de 0.10 ha, considerando árboles con un $dap \geq 10$ cm. (ANDEVA $Pr > F$ $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).

a)

Clase diamétrica (cm)	Bosque 1 N/ha	Bosque 2 N/ha	Bosque 3 N/ha	Bosque 4 N/ha	Bosque 5 N/ha	Pr > F
20 – 30	96.00 ± 12.65 a	111.20 ± 6.37 a	121.60 ± 13.53 a	114.00 ± 27.45 a	154.40 ± 22.89 a	0.2633
30 – 40	49.60 ± 5.74 a	43.20 ± 14.55 a	40.00 ± 5.96 a	37.00 ± 8.06 a	53.60 ± 8.35 a	0.6867
40 – 50	18.40 ± 4.66 a	11.20 ± 4.27 a	12.40 ± 4.40 a	32.00 ± 7.12 a	18.40 ± 7.22 a	0.1505
50 – 60	14.40 ± 5.15 a	2.40 ± 1.60 b	2.40 ± 1.22 b	14.00 ± 3.83 a	8.00 ± 2.83 ab	0.0073
> 60	14.40 ± 2.71 a	1.60 ± 1.60 c	3.20 ± 0.80 c	10.00 ± 1.15 ab	4.80 ± 3.88 bc	0.0013
Total (N)	192.80 ± 12.03 a	169.60 ± 18.79 a	179.60 ± 20.49 a	207.00 ± 41.52 a	239.20 ± 29.94 a	0.3756

b)

Clase diamétrica (cm)	Bosque 1 N/ha	Bosque 2 N/ha	Bosque 3 N/ha	Bosque 4 N/ha	Bosque 5 N/ha	Pr > F
10 – 20	328.00 ± 49.54 b	448.75 ± 47.07 b	333.75 ± 55.06 b	492.50 ± 72.27 b	860.00 ± 110.98 a	0.0001
20 – 30	116.00 ± 26.38 a	137.50 ± 18.29 a	108.75 ± 16.84 a	167.50 ± 68.60 a	172.50 ± 39.45 a	0.5163
30 – 40	48.00 ± 6.63 a	56.25 ± 16.14 a	27.50 ± 4.12 a	37.50 ± 10.31 a	45.00 ± 15.00 a	0.3999
40 – 50	14.00 ± 5.09 b	7.50 ± 3.13 b	6.25 ± 2.63 b	32.50 ± 7.50 a	15.00 ± 6.45 b	0.0050
50 – 60	16.00 ± 6.00 a	6.25 ± 3.24 ab	1.25 ± 1.25 b	17.50 ± 6.29 a	7.50 ± 4.79 ab	0.0390
> 60	14.00 ± 2.45 a	5.00 ± 1.89 bc	2.50 ± 1.64 c	10.00 ± 4.08 ab	S.R	0.0023
Total (N)	536.00 ± 60.97 c	661.25 ± 53.99 bc	480.00 ± 52.85 c	757.50 ± 101.36 b	1100.00 ± 90.00 a	0.0001

S.R: sin registro

Así mismo para los dos tamaños de parcelas, el análisis con respecto a las áreas basales, que se muestran en los Cuadros 8a y 8b, señalan que para los totales existen diferencias significativas en ambas parcelas. Para ambos tamaños de parcelas, el bosque 4 resulta tener la mayor área basal y se diferencia de los bosques 2 y 3. También se encontraron diferencias estadísticas similares en las clases diamétricas de 50 – 60 cm y > 60 cm.

Cuadro 8. Promedios y error estándar de áreas basales G (m^2/ha), para los cinco tipos de bosque a) al nivel de la parcela de 0.25 ha, considerando los árboles con $dap \geq 20$ cm y b) al nivel de la parcela de 0.10 ha, considerando los árboles con $dap \geq 10$ cm. (ANDEVA $Pr > F$ $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).

a)

Clase diamétrica (cm)	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
20 – 30	4.411 ± 0.54 a	5.217 ± 0.37 a	5.629 ± 0.65 a	5.340 ± 1.31 a	7.096 ± 1.07 a	0.3064
30 – 40	4.523 ± 0.49 a	4.043 ± 1.39 a	3.404 ± 0.57 a	3.276 ± 0.72 a	4.898 ± 0.85 a	0.5964
40 – 50	2.779 ± 0.66 a	1.784 ± 0.70 a	1.905 ± 0.70 a	4.924 ± 1.06 a	2.843 ± 1.15 a	0.1694
50 – 60	3.242 ± 1.15 a	0.549 ± 0.37 b	0.514 ± 0.26 b	3.188 ± 0.85 a	1.864 ± 0.66 ab	0.0062
> 60	5.943 ± 1.18 a	0.784 ± 0.78 b	1.385 ± 0.39 b	4.820 ± 0.68 a	2.031 ± 1.59 b	0.0018
Total (G)	20.897 ± 2.07 a	12.378 ± 2.61 b	12.837 ± 1.98 b	21.548 ± 2.73 a	18.733 ± 2.96 ab	0.0320

b)

Clase diamétrica (cm)	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
10 – 20	5.027 ± 0.78 b	6.685 ± 0.54 b	5.325 ± 0.73 b	7.536 ± 1.11 b	12.596 ± 1.89 a	0.0002
20 – 30	5.204 ± 1.16 a	6.533 ± 0.96 a	5.019 ± 0.84 a	7.951 ± 3.20 a	7.928 ± 1.77 a	0.4891
30 – 40	4.386 ± 0.57 a	5.305 ± 1.53 a	2.358 ± 0.34 a	3.345 ± 0.98 a	4.098 ± 1.38 a	0.3155
40 – 50	2.137 ± 0.70 b	1.111 ± 0.45 b	0.888 ± 0.37 b	4.677 ± 1.07 a	2.366 ± 1.03 b	0.0052
50 – 60	3.587 ± 1.36 a	1.463 ± 0.78 ab	0.266 ± 0.26 b	3.860 ± 1.39 a	1.693 ± 1.07 ab	0.0472
> 60	5.518 ± 1.08 a	2.800 ± 1.22 ab	0.962 ± 0.63 b	5.635 ± 3.49 a	S.R	0.0502
Total (G)	25.859 ± 2.19 ab	23.898 ± 3.45 b	14.817 ± 1.14 c	33.00 ± 1.92 a	28.681 ± 3.38 ab	0.0011

S.R: sin registro

Conforme al análisis de especies indicadoras (Anexo 6), se tiene que las palmas tienen mayor presencia entre los bosques 1 y 2. Mientras que, para helechos se encontraron individuos en la mayoría de los bosques a excepción del bosque 1 en donde su presencia fue muy poca. Para el caso de lianas, el registro a nivel de todas las parcelas fue muy bajo.

4.5 Análisis de diversidad y riqueza

Considerando los análisis de diversidad y riqueza tanto a nivel de las parcelas de 0.25 ha y de 0.10 ha, se observa que en la parcela de 0.25 ha, el bosque 1 es el que tiene la mayor riqueza de especies con respecto a los bosques 2 y 3 (Cuadro 9a). Mientras que en la parcela de 0.10 ha, resulta que los bosques 5 y 1 son los que tienen mayor riqueza de especies con respecto del bosque 3 (Cuadro 9b).

De acuerdo a los índices de α Fisher y Shannon, el bosque 1 es el más diverso de todos, esto para los dos tamaños de parcela. En el caso del índice de Simpson, para ambas parcelas, se consideró una probabilidad del 10% ($\alpha = 0.1$) para explicar las diferencias estadísticas establecidas. En ambos tamaños de parcela el bosque 1 también resultó ser el más diverso. El índice de equitatividad 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 que el bosque 2 (Cuadros 9a y 9b).

Cuadro 9. Promedios y errores estándar para índices de diversidad, equitatividad y número de especies para los cinco tipos de bosque a) a nivel de la parcela de 0.25 ha, considerando los árboles con dap ≥ 20 cm, palmas y helechos con dap ≥ 10 cm, lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm, y b) a nivel de la parcela de 0.10 ha, considerando los árboles, palmas y helechos con dap ≥ 10 cm, y lianas con un tallo con circunferencia ≥ 10 cm. (ANDEVA Pr > F $\alpha=0.05$, Duncan $\alpha=0.05$, letras diferentes significa que los valores son estadísticamente diferentes).

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
Equitatividad	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
Equitatividad	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

4.6 Elaboración del mapa preliminar de la distribución potencial de tipos de bosque

Se establecieron los rangos altitudinales a nivel de los cinco tipos de bosque en donde el rango entre el límite inferior y superior incluyera un intervalo de confianza del 90 %.

Los rangos altitudinales obtenidos sirvieron como base para el mapeo potencial de los tipos de bosque. Se consideró un rango de altitud desde 400 msnm hasta 1800 msnm, distribuidos a lo largo de todos los puntos de muestreo (parcelas). Para los valores altitudinales por debajo de 400 msnm y por encima de 1800 msnm que no fueron muestreadas en el presente estudio, no fue posible indicar a qué tipo de bosque preliminar corresponde. En este sentido, se pretende guardar el principio de precaución a fin de que estudios posteriores puedan profundizar en lugares que no fueron posible muestrear en éste estudio.

El mapa potencial, finalmente muestra 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 a cobertura boscosa que no tiene asignado un tipo de bosque específico debido a que no fue muestreado (Figura 9).

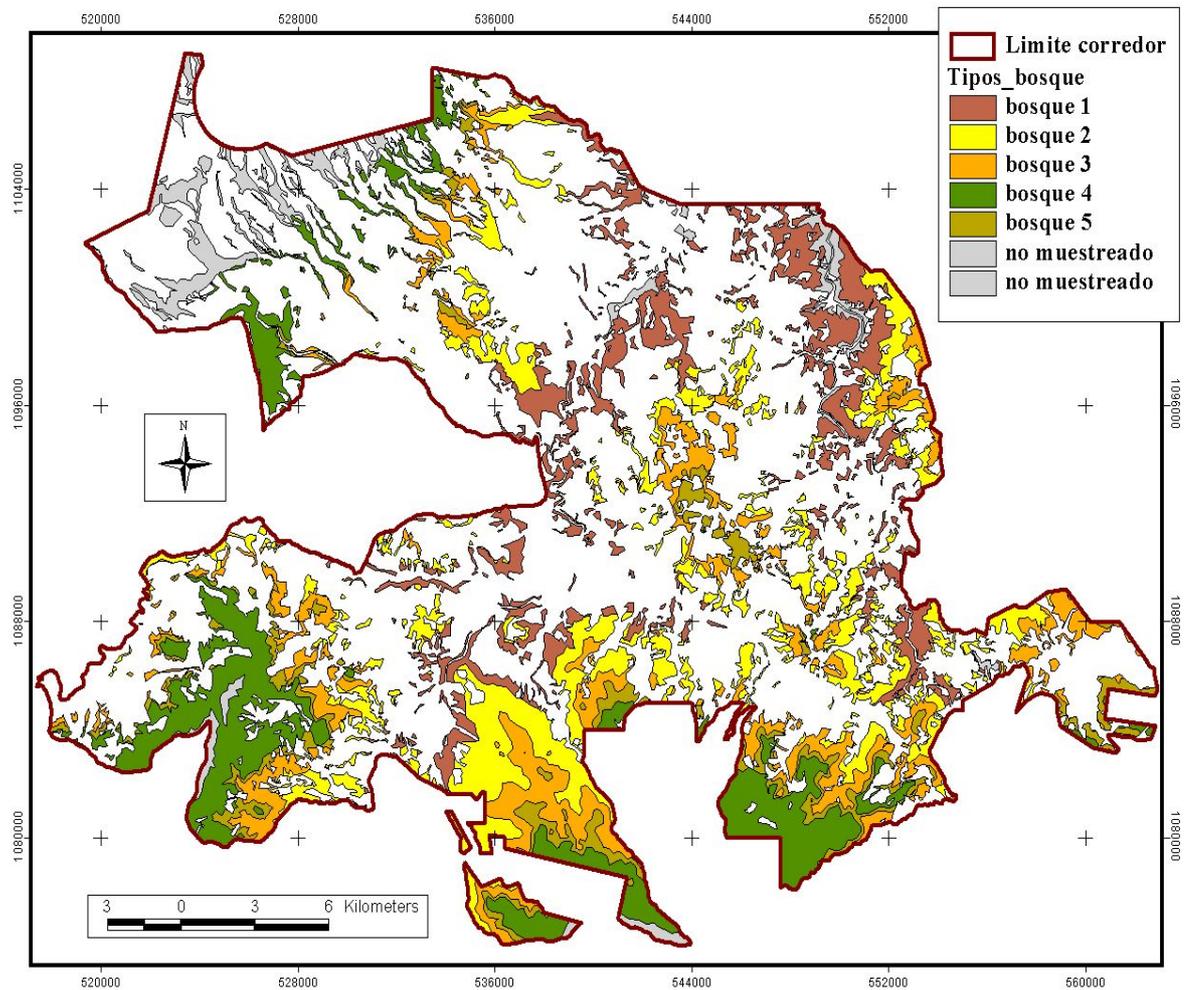


Figura 9. Mapa preliminar de la distribución potencial de los cinco tipos de bosque, obtenidos a partir de la caracterización de la cobertura vegetal en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca. Distribución potencial de los tipos de bosque en función a la franja altitudinal, cuya variable es la de mayor peso discriminante y mejor explica en la distribución de los tipos de bosque. Cartografía digital a cargo del Geogr. Christian Brenes. Edición del mapa a cargo de Eduardo Murrieta.

5 DISCUSION

5.1 Aspectos generales

El presente trabajo representa uno de los pocos estudios que plantea hacer una caracterización florística y estructural a nivel de paisaje dentro del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca.

Los resultados de este estudio muestran información de la composición florística, estructural y su relación con factores ambientales, de tal manera que constituya una herramienta para el manejo y conservación de estas comunidades vegetales en el ámbito del CBVCT.

La composición florística de la cobertura vegetal natural en el CBVCT, se relacionó principalmente con la variable altitudinal, la cual es la variable ambiental que más explica la diferencia de los bosques en este trabajo. Holdridge *et al.* (1971), describe la caracterización de la cobertura vegetal a partir del gradiente altitudinal basadas en cambios climáticos.

En Costa Rica, la vegetación de las cordilleras no sólo es rica y diversa aún en sus partes más altas, sino que sus elevaciones medias contienen la flora de mayor importancia taxonómica y fitogeográfica. Para la vertiente del Caribe, los límites sugeridos florísticamente más diversos se encuentran entre 500 a 1500 msnm (Gómez 1986, citado por Hammel *et al.* 2004).

5.2 Análisis estadísticos y tipificación de bosques en el CBVCT

La aplicación de análisis estadísticos como Conglomerados y de Ordenación, contribuyeron con resultados importantes para determinar finalmente la caracterización de los tipos de bosques. Ambos análisis coadyuvaron a definir el agrupamiento y a explicar 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, tal es el caso de estudios como de Ramos (2004), Bonifaz (2003), Serrano (2003), Pérez (2000) y Gallo (1999). Por otro lado, estos análisis fueron importantes para determinar la relación vegetación – ambiente, y es en éste contexto donde los análisis estadísticos, especifican resultados interesantes para el estudio, en donde la altitud es el factor con mayor poder discriminante para la diferenciación de los tipos de bosque. Resultados de esta naturaleza se muestra en estudios como de Terán (1997).

A partir de los análisis aplicados, fue posible identificar cinco tipos de bosque, ubicados dentro de los rangos altitudinales que se definió en los análisis estadísticos preliminares. Los bosques fueron nombrados por las especies indicadoras más representativas y que manifestaban una dominancia en determinados grupos. Para ello, una caracterización de la cobertura vegetal puede lograrse a través del estudio de su composición, riqueza, diversidad y estructura, y para efectos de una caracterización sencilla, puede ser suficiente información el uso de las especies comunes o dominantes (Finegan *et al.* 2001). Otros estudios como Ramos (2004), Gallego (2002), muestran que el nombre que se asigna a determinado tipo de bosque en función a las especies indicadoras es sobre la base del peso ecológico de las especies, mas conocido como índice de valor de importancia (IVI).

5.3 Composición, estructura y diversidad florística de los cinco tipos de bosque

La composición florística entre áreas de bosque, resultante de los análisis multivariado se desprende que no se llega a diferenciar los bosques primarios de los secundarios. Probablemente la razón por la cual las parcelas instaladas en bosque primario, no difieren mucho de aquellas parcelas muestreadas en bosque secundario sea debido a que las primeras se instalaron relativamente cerca a las parcelas ubicadas en bosque secundario. Esto haría que muchas de las especies que se encuentran en el bosque primario también se encuentran en el bosque secundario. Tomando en cuenta además que por efecto del viento, gravedad y otros

vectores dispersores, hace que la dispersión de las semillas se trasladen desde la fuente del bosque primario hasta el bosque secundario.

Guariguata *et al.* (2001), señalan que hay una secuencia de acontecimientos y procesos que ocurren durante la sucesión secundaria. Esta secuencia comienza con la colonización del sitio inicial, por especies pioneras con desarrollo también de especies del sotobosque que se termina finalmente con una composición de especies similares a las condiciones del bosque maduro. Supone además, que esta secuencia de acontecimientos ocurre en todas las sucesiones. Las características estructurales de bosque secundario tropical húmedo rápidamente pueden acercarse a características de un bosque maduro cuando el uso de la tierra no ha sido sumamente intensivo, aunque no así las características de composición (Guariguata *et al.* 1997).

Los cinco tipos de bosque obtenidos para los dos tamaños de parcela (0.25 ha y de 0.10 ha), muestran el agrupamiento de casi las mismas parcelas en cada uno de los tipos de bosque. Es por eso que los grupos identificados para ambos tamaños de parcelas son similares en cuanto a los sitios de bosque que los conforman. También es importante señalar que dentro de los cinco tipos de bosque obtenidos para ambos análisis, cuatro de ellos (bosque 1, 2, 4 y 5) muestran una predominancia de especies compartidas de bosque primario y secundario, mientras que una de ellas (bosque 3) muestra una predominancia de especies particularmente de bosque secundario.

El bosque de *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaraguensis*, *Rollinia pittieri* (**bosque 1**), se encuentra asociado con otras especies, particularmente con gremios de palmas específicamente con dos especies como *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza*. Los bosques 1 y 5 son los de mayor riqueza de especies y también el primero es más diverso que los demás bosques. Este bosque está conformado por parcelas tanto de los sectores de Florencia Industrial y de Pacuare y que tienen los menores rangos altitudes de todos los sitios muestreados (400 a 750 msnm). Las familias más predominantes para el bosque 1 fueron Moraceae, Lauraceae, Arecaceae, Annonaceae y Myristicaceae.

El bosque de *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii* y *Miconia punctata* (**bosque 2**), muestra la presencia de otra especie de palma *Euterpe precatória*, que solo se encontró en este bosque. Dentro de las familias que destacaron en este bosque por su predominancia fueron las Clusiaceae, Vochysiaceae y Melastomataceae.

El bosque de *Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis* y *Abarema idiopoda* (**bosque 5**), resulta ser el bosque con mayor densidad de individuos. En este bosque, predominaron las familias Euphorbiaceae, Juglandaceae, Cyatheaceae y Fabaceae.

En definitiva estas comunidades ecológicas en particular los bosques 1 y 5 muestran una alta riqueza y diversidad de especies. En comparación, estudios de caracterización de la vegetación natural en bosque secundario realizados por Finegan y Delgado (2000), aunque a una escala local realizado en Florencia de San Carlos, Alajuela – Costa Rica, sobre una extensión de 32.5 ha, determinaron resultados muy interesante respecto a las características estructurales y florísticas en un bosque secundario de aproximadamente 30 años, considerando un $dap \geq 10$ cm. La heterogeneidad que encontraron en el bosque probablemente haya surgido en gran parte debido a la variación de condiciones de sitio y a la dispersión de semillas, en donde las especies arbóreas incluyendo las dominantes constituían una mezcla de especies probablemente procedentes tanto del bosque maduro original como del bosque colonizado por hábitats agrícolas. Lograron identificar y caracterizar dos tipos de bosque, en donde el bosque de *Cordia* mostraba mayor riqueza y diversidad que el bosque de *Vochysia*.

5.4 Comunidades vegetales naturales y su valor para la conservación

Podría afirmarse que estos bosques son, en conjunto, los ecosistemas que forman parte de la biodiversidad de la zona y más aún si consideramos que ésta se encuentra enmarcada dentro del CBVCT. Es conveniente destacar un aspecto muy importante aunque no haya formado parte del estudio de investigación, y es que asociada a la flora, también se observaron indicios de la existencia de una fauna silvestre que involucraba su aparición en diversos sitios donde fueron muestreadas.

Finalmente, la información con respecto a la composición florística y el análisis estructural de la vegetación natural proporcionan elementos importantes para la conservación de estos recursos en el CBVCT. También la presencia de numerosas especies endémicas, especies raras, así como especies registradas por primera vez para la vertiente del Caribe pero con distribución más propia de la vertiente del Pacífico tienen implicaciones prácticas con propósito de manejo de la vegetación natural. Como por ejemplo conservar muestras representativas de las comunidades naturales caracterizadas en éste estudio y también orientar esfuerzos que contribuyan a mejorar el uso de la tierra con actividades más amigables al ambiente. Se hace hincapié que la información a partir de la caracterización de los cinco tipos de bosque con sus respectivas especies indicadoras puede ser útil para los propósitos que se persiga en el corredor de tal manera que se orienten a futuros estudios que fortalezcan la gestión de esta iniciativa de conservación.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- » Desde el punto de vista de biodiversidad a nivel de ecosistemas se tiene que dentro del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, presenta al menos cinco tipos de bosque de acuerdo a la composición florística que presentan, las mismas que fueron caracterizadas en función a su composición, estructura, riqueza y diversidad florística.
- » Los principales patrones en la composición florística de los cinco tipos de bosque está asociada principalmente a la variable altitudinal.
- » Por su composición florística, en su mayoría las parcelas ubicadas en bosques primarios no se diferenciaron de las parcelas ubicadas en bosques secundarios, por lo que cuatro tipos de bosque presentan una combinación de bosque primario y secundario, mientras que solo un tipo de bosque presenta especies con características mayormente de bosque secundario.
- » Los bosques 1 (*Clarisia biflora*, *Ocotea nicaraguensis* y *Rollinia pittieri*) y 5 (*Croton schiedeanus*, *Alfaroa costaricensis* y *Abarema idiopoda*) son los de mayor riqueza de especies.

Mientras que el primero de los dos con menor altitud es el de mayor diversidad. Así mismo, el bosque 5, presenta la mayor densidad de individuos por hectárea, mientras que el bosque 4 (*Croton draco*, *Citharexylum caudatum* y *Cecropia peltata*), con mayor altitud que los demás tipos de bosque resulta ser el de mayor área basal.

» 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.

» Se encontraron numerosas especies endémicas entre los cinco tipos de bosque. Así mismo se encontraron especies consideradas raras en todos los bosques menos en el bosque 2.

» Se encontró especies con una distribución más propia de la vertiente del Pacífico. Así mismo se registran por primera vez para la vertiente del Caribe especies que presentan una distribución más propia para la vertiente del Pacífico. Estos son claros ejemplos y evidencias del flujo de especies (del pacífico-caribe) que pudo haber en el pasado cuando la cordillera Central aún no se había formado.

» Es importante que en próximos estudios de investigación en la zona se realicen muestreos en las áreas cuyos rangos altitudinales (< 400 msnm y > 1800 msnm) no fueron abordados en éste estudio con la finalidad de ver si existe algún tipo de bosque distinto a las cinco comunidades vegetales encontradas por el autor en este estudio.

» Es importante que se instalen algunas parcelas permanentes en el corredor, ya que para efectos de este estudio se instalaron solo parcelas temporales. Es necesario que se haga un trabajo de monitoreo más continuo y permanente de las comunidades vegetales como resultado de éste estudio.

» El presente estudio a escala de paisaje contribuye de manera preliminar al conocimiento de los tipos de bosques en el CBVCT, por lo que queda la tarea de mantener y proteger muestras representativas de éstas comunidades vegetales naturales acorde con una

planificación del recurso en la zona. Una alternativa viable sería el establecer ciertas categorías de áreas protegidas al interior del corredor a través de esfuerzos públicos o privados, así como mecanismos de pago por servicios ambientales (PSA) entre otras iniciativas de conservación.

7 BIBLIOGRAFIA

- Berry, PE. 2002. Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. In Guariguata, MR. y Kattan (eds). 2002. Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. Pp. 83-96.
- Bonifaz, C. 2003. Caracterización florística de dos sitios en el bosque húmedo costero cabecera de Muisne, Esmeraldas - Ecuador. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 78 p.
- Canet, L. 2003. Ficha técnica del Corredor Biológico Turrialba – Jiménez. San José, Costa Rica. 75 p.
- Colwell, RK. 1997. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species From Samples. Versión 5.0.1. University Connecticut. Disponible en: <http://www.viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Di Rienzo, JA; Balzarini, MG; Casanoves, F; Gonzalez, LA; Tablada, EM; Díaz, M; Robledo, CW. 2001. Estadística para las ciencias agropecuarias. Cuarta edición, Córdoba, Argentina. 322 p.
- Ferreira, LV; Laurance, WF. 1997. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in Central Amazonía. *Conservation Biology*. 11(3): 797-801.

- 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. CABI Publishing/IUFRO. Vienna, Austria. P. 341-378.
- Finegan, B; Delgado, D. 2000. Structural and floristic heterogeneity in a 30 year-old Costa Rican rain forest restored on pasture through natural secondary sucesión. *Restoration Ecology*. 8(4): 380-393.
- Gallego, B. 2002. Estructura y composición de un paisaje fragmentado y su relación con especies arbóreas indicadoras en una zona de bosque muy húmedo tropical, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110 p.
- Gallo, M. 1999. Identificación de tipos de bosques primarios en la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 65 p.
- Gentry, HA. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary ecology*. 15: 1-84.
- Guariguata, MR; Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*. 148: 185-206.
- 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.
- Hammel, BE; Grayum, MH; Herrera, C; Zamora, N. 2004. Manual de plantas de Costa Rica Volumen I. Edición: Missouri Botanical Garden Press. U.S.A. Pp. 299
- Holdridge, LR. 1978. "Ecología Basada en Zonas de Vida". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica.

- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 1975. Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica: Proyecto Servicio Hidrológico y Meteorológico – Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica. 445 p.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 2004. Atlas de Costa Rica (en línea). Consultado el 12 Nov. 2004. Disponible en: <http://www.esri.com/software/arcexplorer/aedown/oaad.html>.
- Krebs, ChJ. 1997. Ecological Metodology. Second edition. University of British Columbia 607 p.
- Magurran, AE. 1989. Diversidad Ecológica y su Medida. Ediciones Vedral. Barcelona, España. 200 p.
- Matteucci, SD; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. USA, OEA. 163 p.
- McCune, B; Mefford, MJ. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data Versión 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA. 237 p.
- McCune, B; Grace, JB. 2002. Analysis of Ecological Communities. Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA. 300 p.
- 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. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 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 Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 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. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 114 p.
- 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 Iñao, Bolivia. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 142 p.
- Terán, JR. 1997. Diseño de una red de parcelas permanentes con propósitos en manejo forestal en un bosque húmedo templado de Chuquisaca, Bolivia. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 123 p.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de estratificación de mapa preliminar en función a dos variables ambientales: pendiente y suelos.

Suelos	Pendiente		
	0 - 20 % 1	20 - 60 % 2	> 60 % 3
Inceptisol 10	11	12	13
Ultisol 20	21	22	23

11: Estratificación con suelos Inceptisoles y pendiente de: 0 – 20%

12: ” ” 20 – 60%

13: ” ” > 60%

21: Estratificación con suelos Ultisoles y pendiente de: 0 – 20%

22: ” ” 20 – 60%

23: ” ” > 60%

Anexo 2. Características de los sitios muestreados: 29 parcelas en bosque secundario y 7 parcelas en bosque primario dentro del CBVCT.

Parcela	Tipo <i>Bosque*</i>	Ubicación		Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
		Lugar	Distrito	X	Y	
1	S	Finca Florencia Industrial	Turrialba	83,66472	9,86562	415 - 753
2	S	Finca Florencia Industrial	Turrialba	83,66295	9,86803	415 - 753
3	S	RPVS La Marta	Pejivalle	83,68668	9,78127	753 - 1012
4	S	RPVS La Marta	Pejivalle	83,68832	9,77983	753 - 1012
5	S	RPVS La Marta	Pejivalle	83,68553	9,77807	753 - 1012
6	P	RPVS La Marta	Pejivalle	83,67996	9,76990	753 - 1012

7	S	Finca Tuís	Tuís	83,57836	9,82873	753 - 1012
8	S	Finca Tuís	Tuís	83,57881	9,82471	753 - 1012
9	P	Finca Tuís	Tuís	83,57875	9,82639	753 - 1012
10	S	Finca Jabillos	Pavones	83,61037	9,91622	1012 - 1187
11	S	Finca Jabillos	Pavones	83,60814	9,91702	1012 - 1187
12	P	Finca Jabillos	Pavones	83,60788	9,91490	1012 - 1187
13	S	Finca Pacuare	Chirripó	83,54676	9,95862	415 - 753
14	S	Finca Pacuare	Chirripó	83,54651	9,96272	415 - 753
15	S	Finca Pacuare	Chirripó	83,54466	9,96445	415 - 753
16	P	Finca Pacuare	Chirripó	83,53562	9,95047	415 - 753
17	S	Finca La Selva	Pejivalle	83,76223	9,78874	1012 - 1187
18	S	Finca La Selva	Pejivalle	83,76417	9,78758	1012 - 1187
19	S	Finca La Selva	Pejivalle	83,76543	9,78745	1012 - 1187
20	P	RB El Copal	Pejivalle	83,75245	9,77986	1187 - 1275
21	S	Finca La Isabel	La Isabel	83,68042	9,94158	1187 - 1275
22	S	Finca La Isabel	La Isabel	83,68263	9,93955	1187 - 1275
23	S	Finca La Isabel	La Isabel	83,68272	9,94144	1187 - 1275
24	S	Finca Balalaica	La Suiza	83,60267	9,88454	1187 - 1275
25	S	Finca Balalaica	La Suiza	83,60115	9,88649	1187 - 1275
26	S	Finca Balalaica	La Suiza	83,60253	9,88656	1187 - 1275
27	S	Finca Balalaica	La Suiza	83,60016	9,88812	1187 - 1275
28	P	Finca Balalaica	La Suiza	83,60275	9,88443	1187 - 1275
29	S	Finca Torito	Sta. Cruz	83,69074	10,01719	1275 - 1739
30	S	Finca Torito	Sta. Cruz	83,69034	10,01163	1275 - 1739
31	P	Finca Torito	Sta. Cruz	83,69043	10,01491	1275 - 1739
32	S	Finca Pastora	Sta. Cruz	83,77336	9,96098	1275 - 1739
33	S	Finca Pastora	Sta. Cruz	83,77265	9,96227	1275 - 1739
34	S	M.N Guayabo	Sta. Teresita	83,68848	9,97253	1012 - 1187
35	S	M.N Guayabo	Sta. Teresita	83,68906	9,97079	1012 - 1187
36	S	M.N Guayabo	Sta. Teresita	83,69025	9,97174	1012 - 1187

Tipo Bosque* (P ó S): Primario (P) ó Secundario (S)

RPVS: Refugio Privado de Vida Silvestre

RB: Reserva Biológica

MN: Monumento Nacional

Anexo 3. Porcentajes de índices de valor de importancia (IVI) de las especies con mayor peso ecológico en los bosques 1 y bosque 2 (tipos de bosques definidos para el CBVCT).

Bosque 1		Bosque 2	
Especie	% IVI	Especie	% IVI
<i>Clethra mexicana</i>	3.6	<i>Vismia macrophylla</i>	18.5
<i>Rollinia pittieri</i>	3.2	<i>Vochysia allenii</i>	12.3
<i>Cecropia insignis</i>	3.0	<i>Tetrorchidium euryphyllum</i>	5.0
<i>Otoba novogranatensis</i>	3.0	<i>Alsophila cuspidata</i>	4.8
<i>Cordia alliodora</i>	2.9	<i>Simarouba amara</i>	4.5
<i>Virola koschnyi</i>	2.9	<i>Miconia punctata</i>	3.5
<i>Iriartea deltoidea</i>	2.8	<i>Euterpe precatoria</i>	3.4
<i>Virola sebifera</i>	2.8	<i>Virola sebifera</i>	3.1
<i>Tetragastris panamensis</i>	2.7	<i>Clethra mexicana</i>	2.9
<i>Ocotea nicaraguensis</i>	2.4	<i>Vochysia ferruginea</i>	2.9
<i>Clarisia biflora</i>	2.2	<i>Pourouma bicolor</i>	2.6
<i>Apeiba membranacea</i>	2.1	<i>Alfaroa aff. manningii</i>	2.3
<i>Celtis schippii</i>	1.7	<i>Jacaranda copaia</i>	2.3
<i>Socratea exorrhiza</i>	1.7	<i>Miconia multispicata</i>	2.2
<i>Brosimum lactescens</i>	1.6	<i>Alchornea latifolia</i>	2.1
<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	1.6	<i>Cyathea microdonta</i>	2.0
<i>Sapium aucuparium</i>	1.6	<i>Nectandra reticulata</i>	1.9
<i>Cyathea microdonta</i>	1.5	<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	1.8
<i>Gymnanthes riparia</i>	1.5	<i>Graffenrieda galeottii</i>	1.4
<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i>	1.5	<i>Amaioua pedicellata</i>	1.3
<i>Trichospermum grewiifolium</i>	1.5	<i>Cecropia obtusifolia</i>	1.2
<i>Pouteria torta</i>	1.4	<i>Ocotea whitei</i>	1.1
<i>Cordia cymosa</i>	1.3	<i>Cinnamomum paratliplinerve</i>	1.0
<i>Couepia platycalyx</i>	1.3	<i>Helicarpus appendiculatus</i>	1.0
<i>Carapa guianensis</i>	1.1	<i>Trichospermum grewiifolium</i>	0.9

<i>Castilla elástica</i>	1.1	<i>Miconia affinis</i>	0.9
<i>Cinnamomum paratiliplinerve</i>	1.1	<i>Calophyllum brasiliense</i>	0.8
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	1.1	<i>Abarema racemiflora</i>	0.8
<i>Inga alba</i>	1.1	<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	0.7
<i>Minuartia guianensis</i>	1.1	<i>Cecropia insignis</i>	0.6
<i>Nectandra umbrosa</i>	1.1	<i>Billia colombiana</i>	0.6
<i>Poulsenia armata</i>	1.1	<i>Dystovomita paniculata</i>	0.6
<i>Inga pezizifera</i>	1.0	<i>Inga oerstediana</i>	0.6
<i>Micropholis crotonoides</i>	1.0	<i>Miconia donaeana</i>	0.6
<i>Spondias mombin</i>	1.0	<i>Miconia tonduzii</i>	0.6
<i>Tapirira guianensis</i>	1.0	<i>Rollinia aff. danforthii</i>	0.6
<i>Amaioua pedicellata</i>	0.9	<i>Virola koschnyi</i>	0.5
<i>Ocotea pullifolia</i>	0.9	<i>Marila laxiflora</i>	0.5
<i>Ocotea sp.</i>	0.9	<i>Sideroxylon contrerasii</i>	0.5
<i>Pterocarpus rohrii</i>	0.9	<i>Billia hippocastanum</i>	0.5
<i>Aspidosperma spruceanum</i>	0.8	<i>Dendropanax arboreus</i>	0.5
<i>Calophyllum brasiliense</i>	0.8	<i>Guarea guidonia</i>	0.5
<i>Cecropia obtusifolia</i>	0.8	<i>Hampea appendiculata</i>	0.5
<i>Chrysophyllum argenteum</i>	0.8	<i>Aparisthium cordatum</i>	0.5
<i>Drypetes sp.</i>	0.8	<i>Entada gigas</i>	0.5
<i>Protium confusum</i>	0.8	<i>Inga venusta</i>	0.5
<i>Brosimum guianense</i>	0.7	<i>Ocotea oblonga</i>	0.5
<i>Marila laxiflora</i>	0.7	<i>Posoqueria latifolia</i>	0.5
<i>Pourouma bicolor</i>	0.7	<i>Tovomita weddelliana</i>	0.5
<i>Sideroxylon contrerasii</i>	0.7	<i>Inga thibaudiana</i>	0.4
<i>Cedrela tonduzii</i>	0.6		
<i>Colubrina spinosa</i>	0.6		
<i>Guarea kunthiana</i>	0.6		
<i>Guarea pterorhachis</i>	0.6		

<i>Mortoniiodendron anisophyllum</i>	0.6		
<i>Mouriri gleasoniana</i>	0.6		

Anexo 4. Porcentajes de índices de valor de importancia (IVI) de las especies con mayor peso ecológico en los bosques 3 y bosque 4 (tipos de bosques definidos para el CBVCT).

Bosque 3		Bosque 4	
Especie	% IVI	Especie	% IVI
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	12	<i>Cyathea microdonta</i>	7.6
<i>Conostegia rufescens</i>	7.2	<i>Cecropia peltata</i>	6.0
<i>Hampea appendiculata</i>	7.1	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	5.9
<i>Inga oerstediana</i>	5.9	<i>Inga latipes</i>	4.4
<i>Dendropanax arboreus</i>	5.2	<i>Trema micrantha</i>	3.8
<i>Cecropia obtusifolia</i>	4.6	<i>Ficus colubrinae</i>	3.7
<i>Miconia theizans</i>	4.0	<i>Alsophila cuspidata</i>	3.4
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	2.8	<i>Miconia trinervia</i>	3.3
<i>Ficus colubrinae</i>	2.3	<i>Croton draco</i>	3.2
<i>Inga punctata</i>	2.0	<i>Inga oerstediana</i>	2.9
<i>Ocotea insularis</i>	2.0	<i>Citharexylum caudatum</i>	2.5
<i>Cyathea microdonta</i>	1.9	<i>Ocotea austinii</i>	2.4
<i>Sapium pachystachys</i>	1.9	<i>Oreopanax xalapensis</i>	2.3
<i>Viburnum costaricanum</i>	1.8	<i>Cedrela tonduzii</i>	2.2
<i>Cecropia insignis</i>	1.7	<i>Guarea kunthiana</i>	2.2
<i>Cupania cinerea</i>	1.7	<i>Alnus acuminata</i>	1.8
<i>Trema micrantha</i>	1.7	<i>Miconia theizans</i>	1.6
<i>Cecropia peltata</i>	1.5	<i>Maytenus recondita</i>	1.4
<i>Hernandia stenura</i>	1.5	<i>Beilschmiedia costaricensis</i>	1.4
<i>Pourouma bicolor</i>	1.4	<i>Ocotea insularis</i>	1.3

<i>Graffenrieda galeottii</i>	1.4	<i>Lippia myriocephala</i>	1.2
<i>Tetrorchidium euryphyllum</i>	1.3	<i>Dendropanax aff. sessiliflorus</i>	1.1
<i>Tovomita weddelliana</i>	1.3	<i>Pouteria reticulata</i>	1.1
<i>Alsophila cuspidata</i>	1.1	<i>Alchornea costaricensis</i>	1.1
<i>Croton draco</i>	1.0	<i>Cornus disciflora</i>	1.1
<i>Dendropanax aff. sessiliflorus</i>	1.0	<i>Lozania mutisiana</i>	1.1
<i>Lippia myriocephala</i>	1.0	<i>Dendropanax arboreus</i>	1.0
<i>Virola sebifera</i>	0.9	<i>Piper palmanum</i>	1.0
<i>Nectandra membranacea</i>	0.9	<i>Symphonia globulifera</i>	1.0
<i>Alchornea latifolia</i>	0.8	<i>Desconocido</i>	0.9
<i>Coccoloba tuerckheimii</i>	0.8	<i>Ilex lamprophylla</i>	0.9
<i>Cojoba membranacea</i>	0.8	<i>Saurauia sp.</i>	0.8
<i>Nectandra sp. 01</i>	0.8	<i>Microtropis occidentalis</i>	0.8
<i>Spondias mombin</i>	0.7	<i>Viburnum costaricanum</i>	0.7
<i>Croton schiedeanus</i>	0.7	<i>Guarea microcarpa</i>	0.7
<i>Dussia sp.</i>	0.6	<i>Cornus peruviana</i>	0.7
<i>Cestrum racemosum</i>	0.6	<i>Salacia petenensis</i>	0.7
<i>Topobea sp.</i>	0.6	<i>Croton schiedeanus</i>	0.6
<i>Nectandra reticulata</i>	0.5	<i>Guatteria sp.</i>	0.6
<i>Cordia alliodora</i>	0.5	<i>Cupania macrophylla</i>	0.6
<i>Alchornea glandulosa</i>	0.5	<i>Cinnamomum sp.</i>	0.6
<i>Citharexylum costaricensis</i>	0.5	<i>Ruagea glabra</i>	0.6
<i>Guatteria sp.</i>	0.5	<i>Panopsis costaricensis</i>	0.6
<i>Toxicodendron striatum</i>	0.5	<i>Dendropanax sp.</i>	0.6
<i>Turpinia occidentalis</i>	0.5	<i>Ocotea laetevirens</i>	0.6
<i>Virola guatemalensis</i>	0.5	<i>Persea schiedeana</i>	0.6
<i>Ocotea whitei</i>	0.4	<i>Plinia sp.</i>	0.6
<i>Miconia donaeana</i>	0.4	<i>Tovomita weddelliana</i>	0.5
<i>Inga alba</i>	0.4	<i>Alchornea latifolia</i>	0.5

<i>Cedrela odorata</i>	0.4	<i>Pouteria izabalensis</i>	0.5
<i>Croton billbergianus</i>	0.4	<i>Chrysochlamys allenii</i>	0.5
<i>Cupania macrophylla</i>	0.4	<i>Coussapoa parviceps</i>	0.5
Desconocido	0.4	<i>Dendropanax aff. globosus</i>	0.5
<i>Ficus davidsoniae</i>	0.4	<i>Erythrina berteroana</i>	0.5
<i>Myrsine coriacea</i>	0.4	<i>Guarea sp. 02</i>	0.5
<i>Nectandra sinuata</i>	0.4	<i>Hasseltia guatemalensis</i>	0.5

Anexo 5. Porcentajes de índice de valor de importancia (IVI) de las especies con mayor peso ecológico en el bosque 5 (tipos de bosques definidos para el CBVCT).

Bosque 5			
Especie	% IVI	Especie	% IVI
<i>Cyathea microdonta</i>	6.9	<i>Conostegia aff. icosandra</i>	1.0
<i>Alfaroa costaricensis</i>	4.7	<i>Dystovomita paniculata</i>	1.0
<i>Croton schiedeanus</i>	4.3	<i>Calliandra trinervia</i>	1.0
<i>Miconia theizans</i>	3.7	<i>Billia colombiana</i>	0.9
<i>Inga pezizifera</i>	3.2	<i>Guarea guidonia</i>	0.9
<i>Guarea microcarpa</i>	2.8	<i>Parinari excelsa</i>	0.9
<i>Dendropanax arboreus</i>	2.6	<i>Posoqueria panamensis</i>	0.9
<i>Tovomita weddelliana</i>	2.5	<i>Roupala sp.</i>	0.9
<i>Oreomunnea mexicana</i>	2.4	<i>Cedrela tonduzii</i>	0.8
<i>Ocotea whitei</i>	2.2	<i>Virola guatemalensis</i>	0.8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	2.1	<i>Couepia platycalyx</i>	0.8
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	2.0	<i>Conostegia montana</i>	0.8
<i>Abarema idiopoda</i>	2.0	<i>Inga leonis</i>	0.8
<i>Macrohasseltia macroterantha</i>	1.9	<i>Ocotea austinii</i>	0.7
<i>Toxicodendron striatum</i>	1.8	<i>Inga barbourii</i>	0.7

<i>Amaioua pedicellata</i>	1.8	<i>Inga exalata</i>	0.7
<i>Micropholis crotonoides</i>	1.8	<i>Micropholis melinoniana</i>	0.7
<i>Miconia sp. 01</i>	1.8	<i>Alsophila cuspidata</i>	0.6
<i>Alchornea latifolia</i>	1.7	<i>Miconia trinervia</i>	0.6
<i>Desconocido</i>	1.4	<i>Panopsis costaricensis</i>	0.6
<i>Dussia sp.</i>	1.4	<i>Virola koschnyi</i>	0.6
<i>Pouteria reticulata</i>	1.3	<i>Inga thibaudiana</i>	0.6
<i>Cecropia insignis</i>	1.3	<i>Eugenia austin-smithii</i>	0.6
<i>Licania sparsipilis</i>	1.3	<i>Ficus caldasiana</i>	0.6
<i>Guatteria dolichopoda</i>	1.2	<i>Quercus pilarius</i>	0.6
<i>Maytenus recondita</i>	1.1	<i>Ticodendron incognitum</i>	0.6
<i>Quercus bumelioides</i>	1.1	<i>Guatteria sp.</i>	0.5
<i>Microtropis occidentalis</i>	1.0	<i>Vochysia ferruginea</i>	0.5

Anexo 6. Especies indicadoras para un $p \leq 0.05$, correspondientes a los cinco tipos de bosque tanto para la parcela de 0.25 ha y de 0.10 ha.

a) Parcelas de 0.25 ha				b) Parcelas de 0.10 ha			
Especies	Tipo Bosque	Valor Indicador (VI)	P	Especies	Tipo Bosque	Valor Indicador (VI)	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>Brosimum lactescens</i>	1	50.0	0.004	<i>Clethra mexicana</i>	1	52.1	0.004
<i>Carapa guianensis</i>	1	50.0	0.004	<i>Virola koschnyi</i>	1	47.7	0.004
<i>Otoba novogranatensis</i>	1	50.0	0.004	<i>Brosimum lactescens</i>	1	50.0	0.005
<i>Minuartia guianensis</i>	1	50.0	0.004	<i>Otoba novogranatensis</i>	1	50.0	0.005

<i>Cordia cymosa</i>	1	50.0	0.005	<i>Celtis schippii</i>	1	50.0	0.006
<i>Gymnanthes riparia</i>	1	50.0	0.005	<i>Inga densiflora</i>	1	50.0	0.006
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	1	50.0	0.005	<i>Protium pittieri</i>	1	50.0	0.008
<i>Socratea exorrhiza</i>	1	50.0	0.005	<i>Trichospermum grewifolium</i>	1	38.6	0.017
<i>Apeiba membranacea</i>	1	50.0	0.006	<i>Virola sebifera</i>	1	43.2	0.024
<i>Pouteria torta</i>	1	43.9	0.010	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	1	39.7	0.030
<i>Virola koschnyi</i>	1	49.2	0.012	<i>Socratea exorrhiza</i>	1	33.3	0.044
<i>Cordia alliodora</i>	1	41.1	0.017	<i>Castilla elastica</i>	1	33.3	0.049
<i>Trichospermum grewifolium</i>	1	34.0	0.025	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>	1	33.3	0.050
<i>Virola sebifera</i>	1	37.2	0.027	<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	2	41.1	0.029
<i>Brosimum guianensis</i>	1	33.3	0.029	<i>Vismia macrophylla</i>	2	41.7	0.030
<i>Guarea pterorhachis</i>	1	33.3	0.029	<i>Vochysia allenii</i>	2	39.3	0.041
<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i>	1	33.3	0.029	<i>Hampea appendiculata</i>	3	82.5	0.001
<i>Tetragastris panamensis</i>	1	33.3	0.029	<i>Inga oerstedia</i>	3	49.5	0.007
<i>Couepia platycalyx</i>	1	32.9	0.034	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	3	49.4	0.009
<i>Unonopsis hammelii</i>	1	33.3	0.038	<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	46.5	0.012
<i>Aspidosperma spruceanum</i>	1	33.3	0.038	<i>Inga punctata</i>	3	41.5	0.038
<i>Protium confusum</i>	1	33.3	0.038	<i>Piper palmanum</i>	4	56.1	0.001
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>	1	33.3	0.038	<i>Croton draco</i>	4	62.4	0.002
<i>Celtis schippii</i>	1	33.3	0.039	<i>Citharexylum caudatum</i>	4	60.0	0.002
<i>Ocotea sp. 01</i>	1	33.3	0.039	<i>Cecropia peltata</i>	4	61.5	0.004
<i>Pterocarpus rohrii</i>	1	33.3	0.039	<i>Miconia trinervia</i>	4	48.8	0.010
<i>Castilla elastica</i>	1	33.3	0.040	<i>Trema micrantha</i>	4	44.0	0.011
<i>Drypetes sp.</i>	1	33.3	0.044	<i>Conostegia setifera</i>	4	40.0	0.030
<i>Sapium aucuparium</i>	1	33.3	0.044	<i>Oreopanax xalapensis</i>	4	40.0	0.030
<i>Chrysophyllum argenteum</i>	1	33.3	0.046	<i>Beilschmiedia costaricensis</i>	4	40.0	0.032
<i>Colubrina spinosa</i>	1	33.3	0.046	<i>Inga latipes</i>	4	40.0	0.032
<i>Vismia macrophylla</i>	2	85.7	0.001	<i>Miconia sp. 01</i>	5	100.0	0.001
<i>Miconia punctata</i>	2	71.4	0.001	<i>Inga pezizifera</i>	5	95.3	0.001
<i>Vochysia allenii</i>	2	69.5	0.002	<i>Croton schiedeanus</i>	5	83.0	0.001
<i>Simarouba amara</i>	2	60.6	0.003	<i>Abarema idiopoda</i>	5	80.0	0.001
<i>Jacaranda copaia</i>	2	57.1	0.003	<i>Alfaroa costaricensis</i>	5	80.0	0.001
<i>Tetrorchidium euryphyllum</i>	2	63.0	0.004	<i>Casearia arborea</i>	5	60.5	0.002

<i>Miconia multispicata</i>	2	42.9	0.009	<i>Miconia theaezans</i>	5	54.9	0.003
<i>Euterpe precatória</i>	2	42.9	0.010	<i>Dystovomita paniculata</i>	5	52.4	0.005
<i>Nectandra reticulata</i>	2	37.4	0.015	<i>Quercus bumelioides</i>	5	60.0	0.009
<i>Vochysia ferruginea</i>	2	34.9	0.024	<i>Dendropanax arboreus</i>	5	47.7	0.014
<i>Pourouma bicolor</i>	2	36.4	0.029	<i>Miconia brenesii</i>	5	46.1	0.016
<i>Hampea appendiculata</i>	3	88.5	0.001	<i>Inga leonis</i>	5	40.0	0.024
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	61.8	0.001	<i>Panopsis costaricensis</i>	5	40.0	0.029
<i>Sapium pachystachys</i>	3	40.0	0.018	<i>Miconia aff. lonchophylla</i>	5	40.0	0.029
<i>Conostegia rufescens</i>	3	38.2	0.026	<i>Eugenia austin-smithii</i>	5	40.0	0.030
<i>Inga punctata</i>	3	36.7	0.027	<i>Ocotea aff. meziana</i>	5	40.0	0.034
<i>Citharexylum caudatum</i>	4	60.0	0.002	<i>Ardisia aff. tarariae</i>	5	40.0	0.034
<i>Croton draco</i>	4	57.5	0.002	<i>Guatteria aeruginosa</i>	5	40.0	0.034
<i>Cecropia peltata</i>	4	63.2	0.003	<i>Virola guatemalensis</i>	5	33.2	0.037
<i>Cedrela tonduzii</i>	4	59.2	0.003	<i>Richeria obovata</i>	5	33.5	0.038
<i>Miconia trinervia</i>	4	47.3	0.005	<i>Billia colombiana</i>	5	36.6	0.041
<i>Alchornea costaricensis</i>	4	40.0	0.011	<i>Guarea guidonia</i>	5	33.6	0.050
<i>Trema micrantha</i>	4	45.2	0.013				
<i>Beilschmiedia costaricensis</i>	4	40.0	0.014				
<i>Inga latipes</i>	4	40.0	0.014				
<i>Symphonia globulifera</i>	4	40.0	0.014				
<i>Oreopanax xalapensis</i>	4	40.0	0.019				
<i>Illex lamprophylla</i>	4	40.0	0.026				
<i>Ocotea austinii</i>	4	29.5	0.046				
<i>Cortón schiedeanus</i>	5	58.8	0.002				
<i>Alfaroa costaricensis</i>	5	50.0	0.008				
<i>Licania sparsipilis</i>	5	37.5	0.015				
<i>Abarema idiopoda</i>	5	37.5	0.017				
<i>Inga pezizifera</i>	5	49.1	0.019				
<i>Inga leonis</i>	5	37.5	0.019				
<i>Posoqueria panamensis</i>	5	37.5	0.020				
<i>Quercus bumelioides</i>	5	37.5	0.022				
<i>Roupala sp.</i>	5	37.5	0.025				
<i>Miconia sp. 01</i>	5	37.5	0.026				

Artículo II: Propuesta de una red de conectividad estructural ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

1 INTRODUCCIÓN

Las consecuencias ecológicas de fragmentación de hábitat incluyen los efectos directos de pérdida de hábitat. Los parches de hábitat que sobreviven al proceso de fragmentación se hacen cada vez más aislados entre si, y esto puede causar una disminución en la funcionalidad de las especies. Para cuantificar los procesos relativos a la dispersión causada por la fragmentación de hábitat, los ecólogos han identificado la noción de conectividad de hábitat (Tischendorf y Fahrig 2000).

La conectividad de paisaje es considerada como un elemento vital de la estructura de paisaje debido a su importancia para la supervivencia demográfica de especies (D'Eon *et al.* 2002). Conforme a estudios recientes, la conectividad es definida como el grado en el cual un paisaje facilita o impide el movimiento de organismos entre diferentes parches. Sin embargo, la conectividad es usada de muchas maneras en la literatura (Tischendorf y Fahrig 2000).

El estudio de la conectividad estructural del paisaje emplea herramientas como software en sistemas de información geográfica (SIG) y métodos participativos sociales. El enfoque fundamental para abordar lo espacial es el análisis geográfico y su lenguaje, la cartografía. En la actualidad la generación principal de datos se basa en buena medida en los sistemas de percepción remota; interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite en el contexto de un sistema de información geográfica (Bocco *et al.* 2001).

El análisis multicriterio, se ha convertido en una técnica valiosa para lidiar con condiciones multivariadas complejas, en un amplio rango de campos de toma de decisión para el manejo de recursos. Actualmente se experimenta con varias metodologías de análisis con SIG para diversas aplicaciones, desde evaluación de políticas públicas de manejo hasta modelaje de procesos físicos. A pesar de que las técnicas de análisis multicriterio utilizando SIG pueden

ser desarrolladas desde manera mecánica y rudimentaria, el proceso completo involucra toma de decisiones basadas en valores de juicio, información que debe ser aportada por diferentes actores interesados e involucrados en el tema tratado (Van der Merwe y Lohrentz, 2001).

También para un análisis a nivel de paisaje, los análisis *gap* cumplen un rol muy importante en la conservación de los recursos. El proceso de "*gap analysis*" busca identificar los tipos de vegetación y especies que no están adecuadamente representados en determinado sistema de áreas con manejo, y que constituyen los "*gaps*" u omisiones (Kiester *et al.* 1996). Para un análisis *gap* hay la necesidad de compilar un mapa de vegetación existente y con la ayuda de sistemas de información geográfica (SIG) es posible determinar el grado de protección y representación de los tipos de vegetación en las áreas protegidas (Caicco *et al.* 1995).

Este análisis, constituye una primera etapa para planificar la protección de la diversidad biológica al identificar aquellas áreas que deberían ser consideradas como de alta prioridad para la conservación. Una vez que estas prioridades han sido establecidas, otros enfoques de investigación de biología de la conservación pueden ayudar a determinar patrones de conservación y acciones necesarias para mantener poblaciones viables y procesos de ecosistemas. El análisis *gap* proporciona una ordenación inicial para el empleo de recursos escasos, y no excluye otras etapas de planificación para la conservación (Caicco *et al.* 1995).

Considerando los enfoques modernos de conservación de la biodiversidad a través del paisaje, el objetivo del presente estudio consistió en establecer una propuesta de red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT que tome en cuenta las características de estructura y composición en el paisaje a fin de identificar y priorizar áreas potenciales para la conservación, utilizando para ello un análisis del patrón del paisaje, considerando tipos de bosque dentro del CBVCT, así como un análisis *gap*.

2 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca (CBVCT) anteriormente Corredor Biológico Turrialba – Jiménez (Figura 1), se localiza en la provincia de Cartago (Costa Rica), ocupando alrededor del 23.1 % de éste territorio. Cuenta con una extensión aproximada de 72,000 ha dentro del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC), y tiene un rango altitudinal que va desde los 339 msnm en el distrito de Peralta hasta los 3340 msnm en el Volcán Turrialba (Canet 2003).

El CBVCT, tiene como principal objetivo restablecer y mantener la conectividad biológica entre las Áreas Silvestres Protegidas del Parque Nacional Volcán Turrialba (PNVT), Monumento Nacional Guayabo (MNG), Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis (ZPCRT) y la Reserva Privada de Vida Silvestre La Marta (RPVSM), mejorando la calidad ambiental del entorno y contribuir así, a mejorar la calidad de vida económica y social de las personas que se encuentran en dicho espacio.

El corredor limita al norte con el Parque Nacional Volcán Turrialba y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central. Al oeste limita con la ciudad de Turrialba, mientras que al sur limita con el Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte, la Reserva Privada de Vida Silvestre La Marta y la Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis. Al este limita con la Reserva Indígena Cabecar de Chirripó (Figura 1).

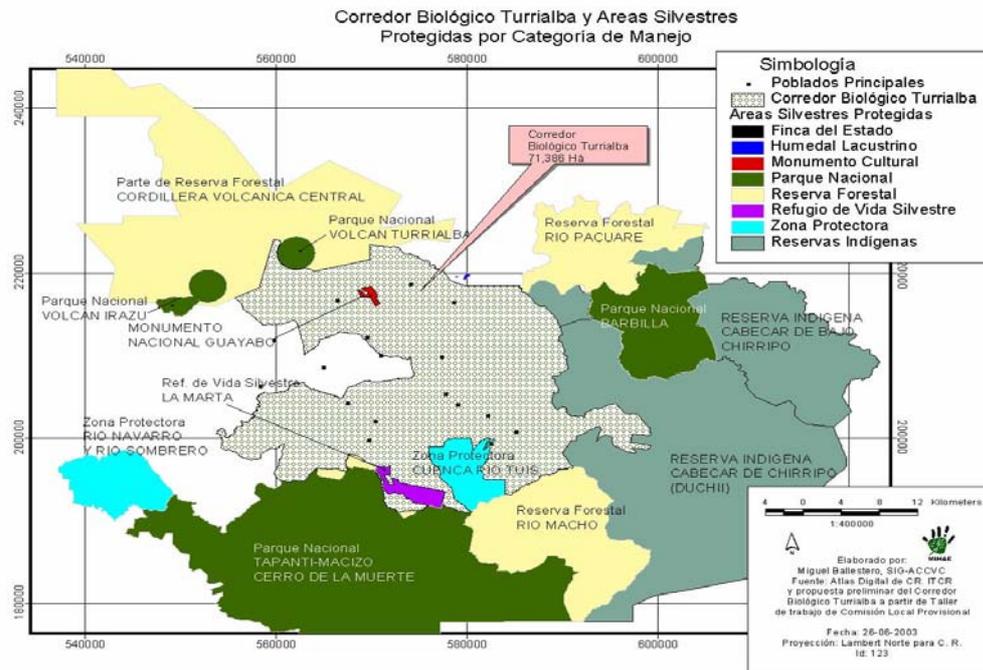


Figura 1. Mapa de Ubicación del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

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, por lo que la distribución de las lluvias es uniforme a lo largo del año, la precipitación anual es de 2650 mm en la zona norte y central del corredor y en la zona sur es de 6000 mm (Janzen 1991, citado por Canet 2003).

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978) y el Atlas de Costa Rica del Instituto Tecnológico de Costa Rica (2004), el CBVCT presenta siete zonas de vida y tres transiciones (Cuadro 1).

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

La cobertura boscosa está dominada en su mayoría por bosques secundarios con presencia de ciertos fragmentos de bosques primarios (Murrieta 2006). Todos estos sitios colindan con áreas protegidas de diversas categorías. El paisaje se alterna con otros usos del suelo como café, pasto, caña. Las zonas de uso mixto predominan sobre las áreas de uso urbano.

3 METODOLOGÍA

3.1 Análisis a escala de paisaje en el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca

Para el análisis de paisaje se utilizó el mapa de Uso Actual de la Tierra, el cual se convirtió a formato grid, y se hizo correr en el programa Fragstats considerando un tamaño de píxel de 30 m x 30 m.

El mapa de Uso Actual de la Tierra del CBVCT (Figura 2), considera catorce categorías de usos que presenta el paisaje, las mismas que se encuentran enumeradas en la Figura 2. Este mapa se originó con base en una interpretación visual a escala 1:15000, considerando 0.75 ha como unidad mínima de mapeo. Los insumos utilizados para generar este mapa fueron las fotografías aéreas del proyecto Carta año 2003 a escala 1:40000 con resolución 1m x 1m,

ortorectificadas con la ayuda del software Orthoengine de PCI. La información recopilada en campo complementó dicho análisis, al igual que una imagen SPOT del año 2002 con una resolución de 14.5 m x 14.5 m y ortofotos del proyecto Terra del año 1998 a escala 1:40000.

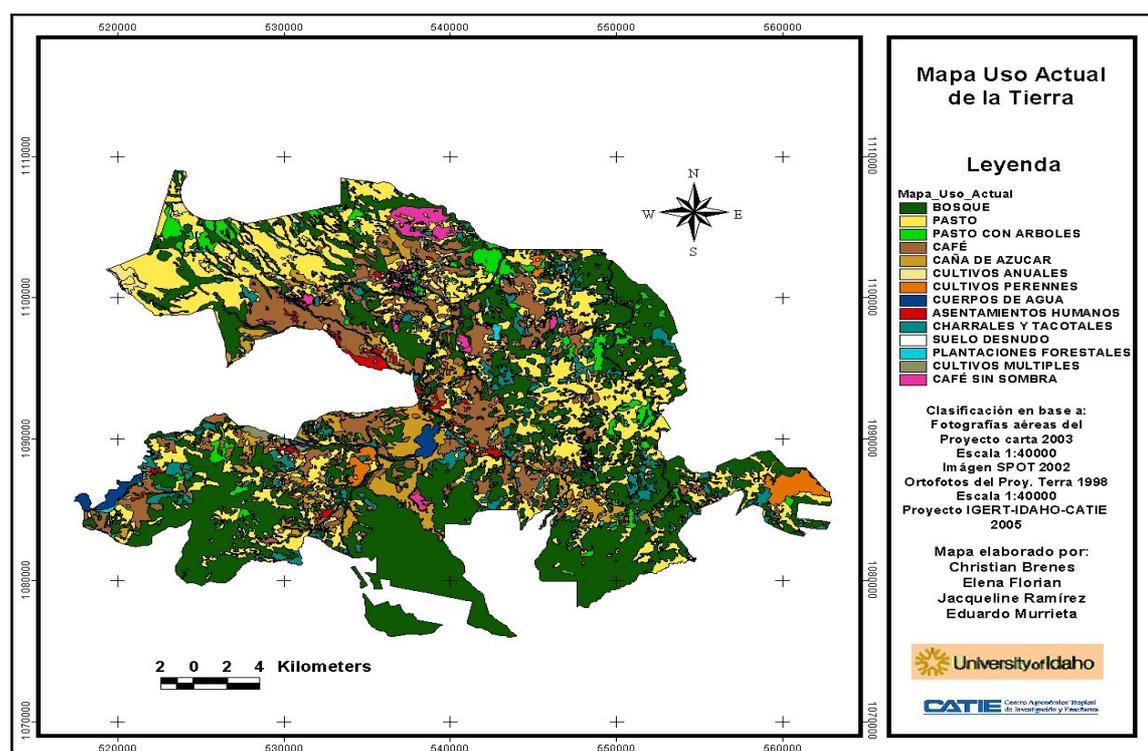


Figura 2. Mapa de Uso Actual de la Tierra del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

La fragmentación del paisaje que muestra el CBVCT (Figura 2) son evidentes y para efectos de realizar un análisis de la fragmentación por sectores se hizo una subdivisión del paisaje tomando en cuenta principalmente la variable tipo de suelo. Hay tres categorías de órdenes de suelo predominantes al interior del área de estudio (Winowiecki 2005³): Andisoles e Inceptisoles, ubicadas en la parte norte y centro del corredor (Figura 3a y 3b), y Ultisoles que se ubican en la parte sur del corredor (Figura 3c).

³ Winowiecki 2005. Información obtenida de manera personal con estudiante del programa de doctorado CATIE - IDAHO

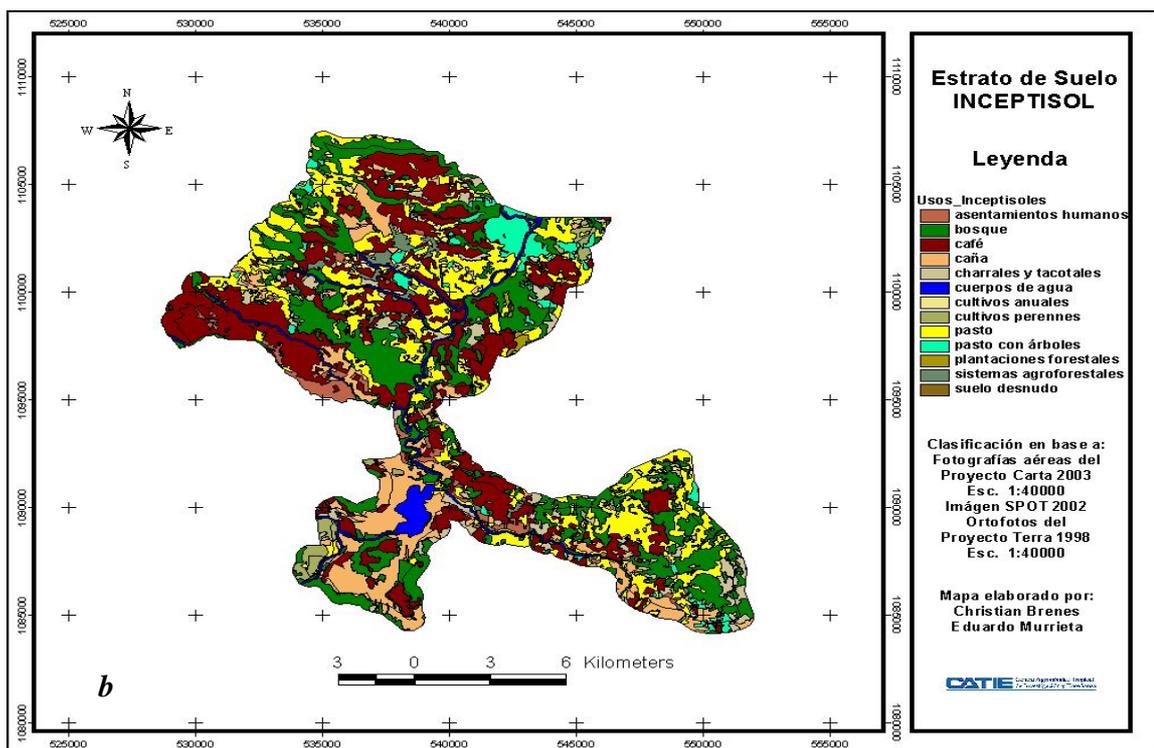
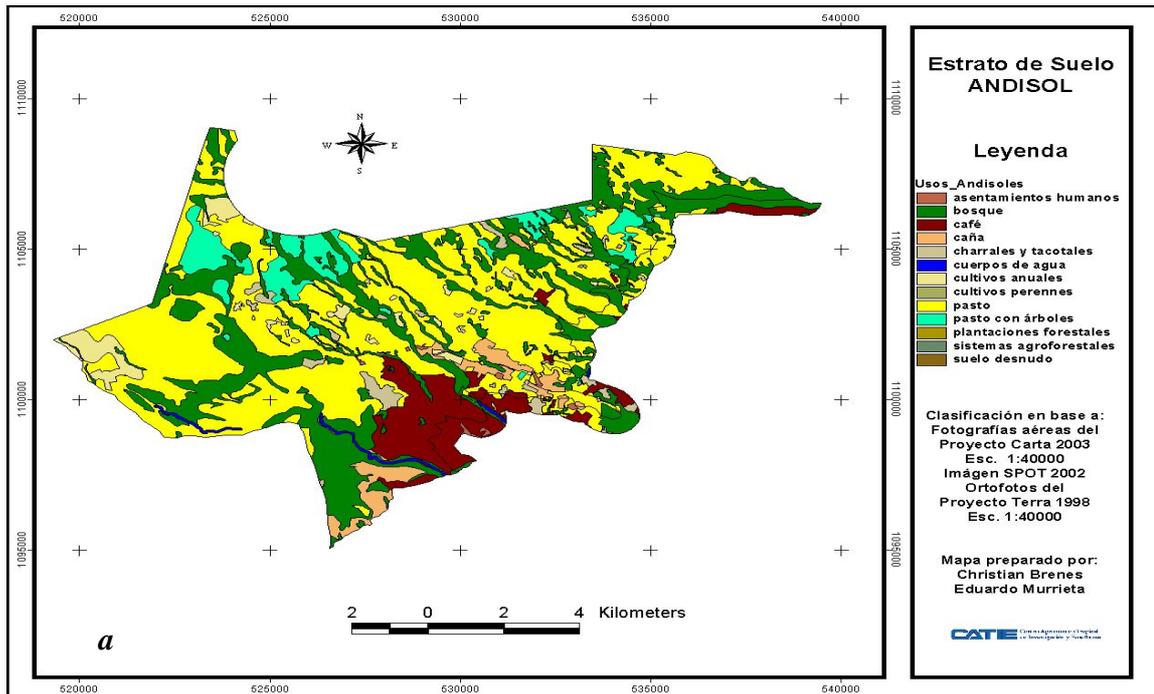


Figura 3a y 3b. Mapas de Uso Actual de la Tierra, considerando los estratos de suelo Andisol e Inceptisol (parte norte y centro del CBVCT)

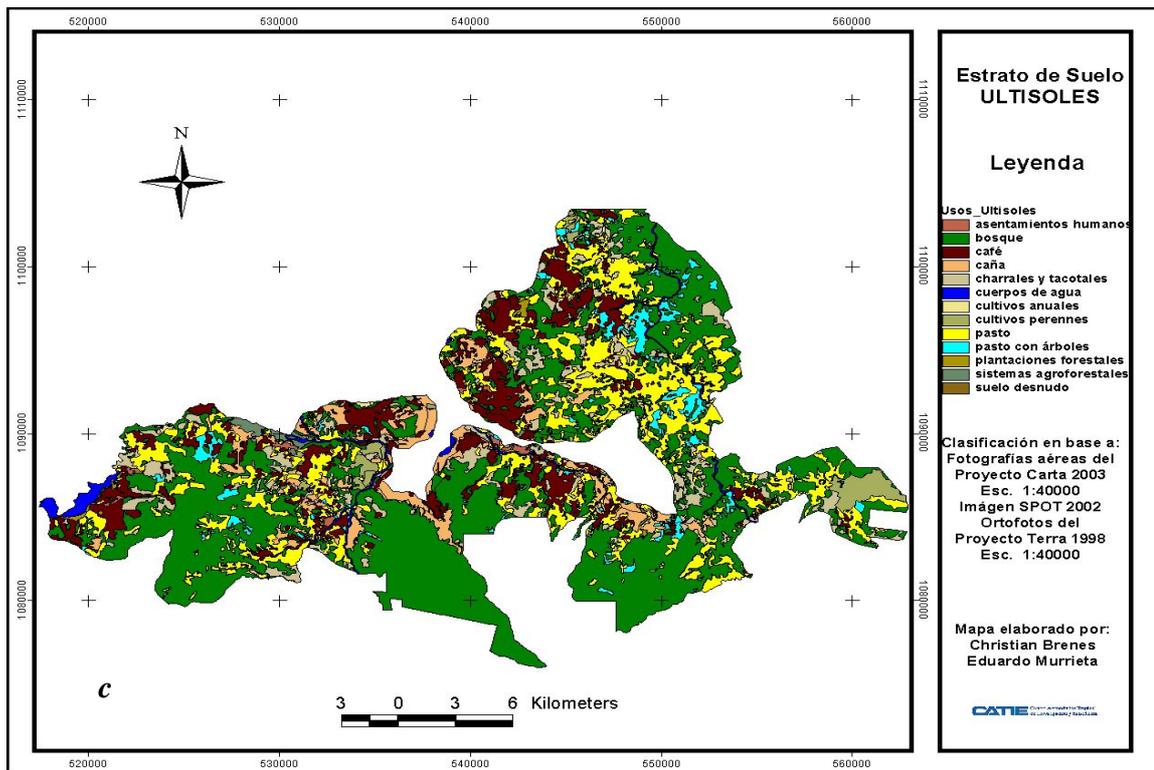


Figura 3c. Mapa de Uso Actual de la Tierra, considerando el estrato de suelo Ultisol (parte sur del CBVCT)

Con el análisis a escala de paisaje utilizando el programa Fragstats (McGarigal *et al.* 2002) se pretende realizar un análisis de los índices más comunes a fin de explicar el grado de fragmentación en el CBVCT. Este análisis se realizó en dos niveles: paisaje y clases de parches. En ambos niveles se consideraron varios índices (McGarigal y Marks 1995), tales como:

Area total, es una medida de composición de paisaje; expresamente, señala cuánto del paisaje está comprendido dentro de un tipo de parche en particular. Esto es una medida importante en varios usos ecológicos.

Densidad, se refiere al número de parches de determinado uso por unidad de área.

Número de parches, el número de los parches es una medida simple del grado de subdivisión o la fragmentación del tipo o clase de parche.

Borde, es una medida absoluta de longitud de borde total de un tipo de parche en particular. Está referido a la cantidad de perímetro generado por los parches.

Forma, esta relacionada al grado de complejidad, es decir a la geometría de parches. De esta manera ellos pueden ser simples y compactos, o irregulares e intrincados.

Area núcleo, también conocida como área interior de parches, la misma que resulta de restar el área correspondiente al efecto de borde. La distancia del efecto de borde es definida por el usuario. El área interior integra el tamaño de parche, la forma, y la distancia del efecto de borde.

Aislamiento/proximidad, se refiere al grado en el cual los parches están relativamente aislados en el espacio, de otros parches similares.

División, se refiere al grado en el cual un tipo de parche es subdividido en parches más pequeños.

Contagio e interspersión, el contagio se refiere a la tendencia de tipos de parches a estar espacialmente agregados. Por otra parte la interspersión, se refiere a la mezcla de los parches de tipos diferentes y es basado completamente sobre la adyacencia de parches.

Dispersión, se refiere a la tendencia de parches para estar con regularidad o contagiosamente alejadas entre sí.

3.2 Análisis GAP

El objetivo del análisis *gap* fue determinar qué elementos (tipos de vegetación) no están siendo representados o están pobremente representados en las áreas silvestres protegidas del corredor. Finalmente esta información sirvió para priorizar las áreas y determinar las acciones que permitan proteger estas mismas ya sea a través de la designación de futuras reservas o planificación en el uso de la tierra (Jennings 2000).

El análisis *gap*, para el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, se hizo considerando las áreas silvestres protegidas al interior del mismo, en este caso el Monumento Nacional Guayabo (MNG), los núcleos prioritarios de conservación de cobertura boscosa que

fueron obtenidos de un taller de priorización de áreas para la conservación, en donde participaron pobladores locales y profesionales técnicos involucrados en el corredor, y también se utilizó la cobertura potencial de tipos de bosque (Murrieta 2006). Tanto para la capa del MNG y áreas núcleos de cobertura boscosa se hizo una sobreposición con la cobertura potencial de tipos de bosque para así determinar cuáles y cuánto de las cinco comunidades de tipos de bosque se encuentran de alguna manera representada y protegida en el interior del CBVCT.

3.3 Análisis de conectividad estructural ecológica

Este análisis se basó en la aplicación de la metodología realizada en Florida (E.U.), para establecer una red de conectividad estructural (Hector *et al.* 2000) y aplicada recientemente en el estudio realizado por Ramos (2004) al establecer un escenario de red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico San Juan La Selva, Costa Rica.

Para el establecimiento de una red de conectividad estructural ecológica en el presente estudio, se tuvieron en cuenta tres fases: a) ponderaciones de variables físico-ambientales en escala de valores prioritarios con relación a las áreas de cobertura boscosa, b) identificación y selección de los núcleos prioritarios a conectar a partir de las ponderaciones establecidas, c) desarrollo de escenarios de modelos de redes de conectividad estructural ecológica en el CBVCT.

a) Fase 1: Ponderaciones de variables físico-ambientales en escala de valores prioritarios con relación a las áreas de cobertura boscosa.

En esta fase se realizó un taller, en donde se contó con la participación de expertos y conocedores locales del CBVCT. Listado de participantes en Anexo 1. Para éste taller se analizaron cinco variables físico-ambientales: pendiente, distancia a caminos, distancia a ríos, área interior de cobertura boscosa y tipos de bosque bajo la aplicación del análisis multicriterio. Los participantes, trabajando bajo la modalidad de grupos, asignaron ponderaciones y escala de valores a dichas variables tomando en cuenta criterios de amenaza, calidad de hábitat e importancia para la conservación. De acuerdo al número de participantes

en el taller se formaron dos grupos de pobladores locales y dos grupos de técnicos con la finalidad de tener las dos visiones y comparar si existen diferencias en cada una de las redes establecidas. También fue posible que el autor aportara una quinta propuesta acerca de las ponderaciones y escala de valores sobre cada una de las variables analizadas en el taller.

Cada grupo asignó un valor en porcentaje de prioridad e importancia para la conservación a cada variable, de tal manera que todas llegaran a sumar el 100 %. Posteriormente, para crear una escala de valores para cada una de las variables, se hizo el mismo ejercicio pero asignando los valores de 1 a 3, en donde el valor de 1 corresponde a prioridades más bajas, el valor de 2 a prioridades medias y el valor de 3 a prioridades altas. A continuación se describe como fue hecho el ejercicio.

Los criterios tomados en cuenta para calificar los polígonos con cobertura boscosa para cada una de las variables analizadas en el taller fueron:

Pendientes, se consideró el supuesto de que a menor pendiente mayor vulnerabilidad para la ocupación por actividades humanas, entonces para esta variable se definió la escala de valores como vulnerabilidad alta (1), vulnerabilidad media (2) y vulnerabilidad baja (3).

Distancia a caminos, según el supuesto que cuanto más cerca esté el bosque del camino más vulnerable a la intervención humana. Se asignaron valores en consecuencia de 1, 2 y 3 igual como a las asignadas para pendiente.

Distancia a ríos, bajo el supuesto que cuanto más cerca al río mayor valor para la protección, entonces la escala de valores estuvo dada como protección baja (1), protección media (2) y protección alta (3).

Area interior, considerando el supuesto que entre más grande el parche más prioritario para la conservación, la escala de valores fue prioridad baja (1), prioridad media (2) y prioridad alta (3). A cada parche de bosque se asignó una distancia de 100 m a partir del borde de parche hacia el interior de la misma para así obtener todos los polígonos con sus respectivas áreas interiores.

Tipos de bosque, definido por el criterio de conservar muestras representativas de los cinco tipos de bosque identificadas en Murrieta (2006). Se asignaron valores en consecuencia de 1, 2 y 3 igual como a las asignadas para área interior.

Posteriormente, estas cinco variables con sus respectivos valores establecidos en el taller fueron trabajadas en el programa SIG Arc View 3.3 con la extensión Model Builder (Figura 4), y se obtuvo las áreas de cobertura boscosa con mayores valores de priorización.

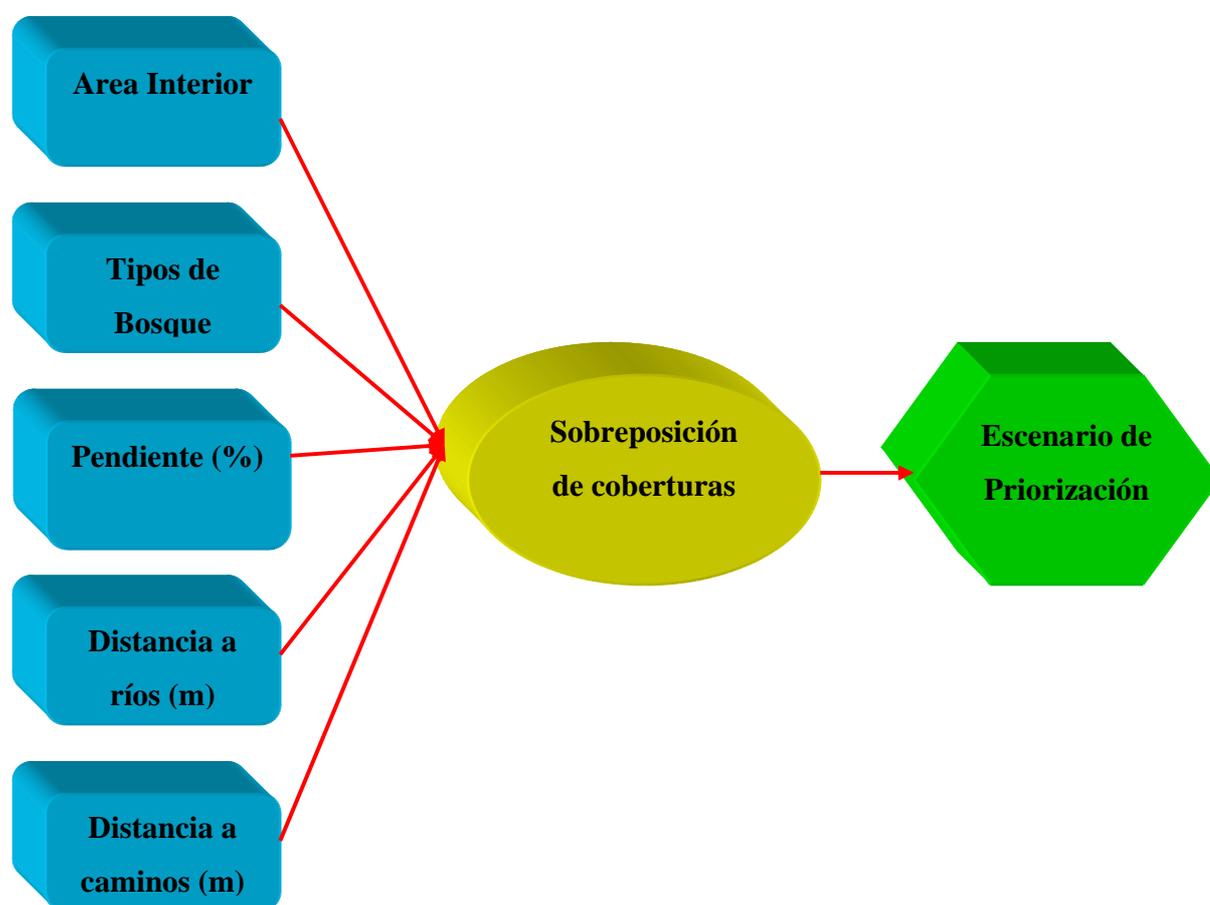


Figura 4. Diagrama de sobreposición de capas en Model Builder (Arc View), con sus respectivas ponderaciones y escala de valores para originar la priorización de áreas núcleos para cada uno de los cinco escenarios.

- b) *Fase 2: Identificación y selección de los núcleos prioritarios a conectar a partir de las ponderaciones establecidas.*

Después de realizar la suma de las cinco variables en el Arc View (Fase 1), se obtuvo cinco escenarios (Figura 4) con base a los resultados del taller conteniendo los núcleos de bosque con las prioridades más altas. Posteriormente fueron seleccionados todos los núcleos que superaban las 2 ha, tomando como referencia éste tamaño mínimo según la definición de bosque dada en la “Ley Forestal 7575 de Costa Rica”.

- c) *Fase 3: Escenarios de modelos de redes de conectividad estructural ecológica en el CBVCT.*

Esta fase, consistió en realizar el modelaje de las rutas de conectividad estructural ecológica, para ello era necesario definir las rutas más cortas de tal manera que conectasen los parches de bosque. Para el trabajo se utilizó el programa Arc View con las extensiones Cost Distance y su función Cost Path. Para el desarrollo de esta fase hubo la necesidad de establecer una capa de fricción a partir del mapa de uso actual del CBVCT. A los usos actuales de la tierra se les asignó un valor para cada píxel definido con una escala numérica de acuerdo al nivel de prioridad y resistencias a la conservación (Cuadro 2). Los valores más altos de fricción fueron asignados a los usos que más resistencia ofrecían a la conservación como el caso de pastos y asentamientos humanos, y los valores de fricción más bajos a los usos que menos resistencia ofrecen a la conservación como el caso de bosques. Luego de haber definido la capa de fricción y considerando la priorización de núcleos obtenida de la fase 1 y 2, se trazaron todas las redes de conectividad estructural ecológica en el CBVCT.

Cuadro 2. Valores de fricción propuestos para los diferentes usos de la tierra en el CBVCT, utilizados en el modelaje de redes de conectividad.

Usos	Valor de fricción
Bosques	1
Charrales/Tacotales	3
SAF	3
Café con sombra	3
Café sin sombra	3
Plantaciones forestales	3
Cultivos anuales	10
Cultivos perennes	10
Caña	10
Pasto	10
Pasto con árboles	10
Asentamientos humanos	20
Cuerpos de agua	20
Suelo desnudo	20

Para cada uno de dos escenarios seleccionados con la finalidad de abordar un análisis comparativo de las redes se dio un buffer o zona de amortiguamiento de 100 m a cada lado, a fin de determinar por qué categorías de uso actual de la tierra va atravesando con mayor frecuencia y obtener el dato de los usos de la tierra en ha y porcentajes que llegan a ser atravesados por estas redes. Así mismo, se determinó también la cantidad de píxeles (30m x 30m) y los porcentajes respectivos que comprende para cada uso, tomando en cuenta los valores de fricciones establecidos anteriormente en el Cuadro 2.

Se identificaron a partir de las redes de conectividad estructural ecológica 9 sectores prioritarios para la conservación. Estos sectores están ubicados en el Volcán Turrialba (sector 1), Finca Cafetalera Aquiares (sector 2), Finca La Isabel (sector 3), Finca Pacuare (sector 4), Finca Balalaica (sector 5), Finca Florencia Industrial (sector 6), Cachí, Pejivalle (sector 7), La Marta (sector 8) y Tayutic (sector 9).

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis a escala de paisaje en el CBVCT

El paisaje muestra que se encuentra altamente fragmentado o dividido. La categoría de uso predominante en el área de estudio es la cobertura boscosa, en el orden del 40 %, seguida de pasto (24 %) y café (14 %) (Cuadro 3). Este porcentaje de cobertura boscosa es muy importante, a pesar de no superar a lo que encontró Ramos (2004) con un 70 % de bosque en el Corredor Biológico San Juan La Selva.

Hay 508 parches de bosque en todo el corredor, siendo el principal uso de la tierra con una densidad de 0.7 (número de parches por 100 ha); además los parches de bosque son más densos y más grandes que cualquier otro uso como pasto ó café.

El índice de adyacencia (agregación) señala alta adyacencia casi en todos los usos, siendo los mayores en cultivos perennes, bosque, café y pasto, lo que indica que la mayoría de categorías de usos actuales se encuentran agregados con relaciones de adyacencias.

Cuadro 3. Valores de índices de área, densidad, y adyacencias a escala de paisaje en el CBVCT

<i>Categoría de Uso</i>	<i>Área total (ha)</i>	<i>Área (%)</i>	<i>Nº parches</i>	<i>Densidad parches (n/ha)</i>	<i>Índice del parche mayor (%)</i>	<i>Índice de agregac. (%)</i>
Bosque	28847.52	40.0	508	0.70	6.63	98.87
Pasto	17337.90	24.0	363	0.50	3.29	98.46
Suelo desnudo	35.23	0.0	32	0.04	0.00	90.08
Cultivos anuales	461.43	0.6	63	0.09	0.23	97.77
Café	10178.64	14.1	317	0.44	1.60	98.61
Pasto con árboles	2850.71	4.0	137	0.19	0.32	98.24
Charrales y tacotales	4420.21	6.1	284	0.39	0.39	97.89
Caña	4179.94	5.8	130	0.18	0.96	98.50
Plantaciones forestales	168.17	0.2	15	0.02	0.08	97.93
Cultivos perennes	988.84	1.4	31	0.04	0.72	99.13
Asentam. humanos	666.17	0.9	70	0.10	0.21	97.64
Cuerpos de agua	1409.37	2.0	14	0.02	0.59	97.27
SAF	579.79	0.8	44	0.06	0.23	97.90
Total	72123.91	100.0	2008			

En el análisis a nivel de clases (Cuadro 4), el estrato de Ultisoles representa la mayor proporción en área con 44,000 ha, seguido de los estratos de Inceptisoles y Andisoles con 17,000 y 10,000 ha respectivamente. El estrato donde se encuentra concentrado el mayor número de parches es el Ultisol.

También en el mismo estrato de los Ultisoles, la cobertura boscosa representa más de la mitad de la superficie de bosque encontrada en todo el corredor. Así mismo, presenta tres de los parches de bosques más grandes y a la vez son los únicos con esas dimensiones a nivel de todo el corredor. En lo que respecta a los parches de pasto, éstos se encuentran representados en mayor cantidad en el estrato de los Ultisoles con 8,900 ha, mientras que en el estrato Andisol estos parches son de tamaños más grandes.

Los suelos Andisoles son suelos oscuros desarrollados a partir de materiales volcánicos, y es en este estrato donde se realiza una actividad ganadera intensiva tanto para leche como para carne, a diferencia de los otros estratos en donde se estima que se estaría llevando a cabo una actividad ganadera orientada más para el consumo de carne. Los parches de café y caña se

encuentran en mayor proporción en los estratos de Ultisol e Inceptisol, con mayor cantidad de parches en el primero. Podría deducirse que una mayor actividad agrícola, así como una mayor densidad poblacional se ubican predominantemente en el estrato de los Inceptisoles, cuyos suelos son de topografía plana a ligeramente plana, favoreciendo el asentamiento humano y el desarrollo de actividades económicas.

Cuadro 4. Valores de índices de área y densidad a nivel de clases de parches, tomando en cuenta los tres estratos de suelos principales en el CBVCT.

<i>Estrato</i>	<i>Categoría de Uso</i>	<i>Area total (ha)</i>	<i>Area (%)</i>	<i>Nº parches</i>	<i>Densidad parches(n/ha)</i>
	Bosque	2852.31	28.56	86	0.86
	Pasto	4999.90	49.92	37	0.37
A	Suelo desnudo	3.92	0.04	2	0.02
N	Cultivos anuales	327.34	3.27	30	0.30
D	Pasto con árboles	659.89	6.59	19	0.19
I	Charrales y tacotales	165.91	1.66	17	0.17
S	Plantaciones forestales	2.33	0.02	2	0.02
O	Caña	325.28	3.25	13	0.13
L	Cultivos perennes	7.44	0.07	4	0.04
	Café	605.25	6.04	15	0.15
	Asentamientos humanos	11.13	0.11	8	0.08
	Cuerpos de agua	55.70	0.56	2	0.02
Total		10016.38	100.00	235	
	Bosque	4305.38	24.72	201	11.54
I	Café	4640.64	26.65	135	0.78
N	Pasto	3420.08	19.64	159	0.91
C	Pasto con árboles	676.28	3.88	44	0.25
E	Caña	1766.91	10.15	68	0.39
P	Charrales y tacotales	817.33	4.69	98	0.56
T	Plantaciones forestales	29.30	0.17	5	0.03
I	Asentamientos humanos	475.19	2.73	36	0.21
S	Cultivos anuales	73.02	0.42	21	0.12
O	Cuerpos de agua	712.62	4.09	9	0.05
L	Cultivos perennes	144.38	0.83	20	0.11
	SAF	326.79	1.88	32	0.18
	Suelo desnudo	25.87	0.15	23	0.13
Total		17413.75	100.00	851	
	Bosque	21255.99	48.31	299	0.68
	Café	4926.21	11.20	207	0.47
	Pasto	8917.42	20.27	246	0.56
U	Charrales y tacotales	3188.87	7.25	191	0.43
L	Cultivos perennes	837.10	1.90	12	0.03
T	Pasto con árboles	1520.99	3.46	87	0.20
I	Cuerpos de agua	641.05	1.46	27	0.06
S	Cultivos anuales	61.21	0.14	12	0.03
O	Caña	2078.35	4.72	86	0.20
L	Asentamientos humanos	180.01	0.41	31	0.07
	Plantaciones forestales	136.53	0.31	9	0.02
	Suelo desnudo	5.46	0.01	6	0.01
	SAF	248.30	0.56	17	0.04
Total		43997.48	100.00	1230	

De acuerdo al Cuadro 5, se observa que los parches tienen formas irregulares, presentando mayor irregularidad en el estrato de los Inceptisoles y Ultisoles, ya que cuanto más se alejan del valor igual a 1, estas tienden a ser menos regulares. Por su parte, en cuanto al área interior total se observa que en los Ultisoles se encuentran la mayor cantidad de parches de considerables tamaños y que a la vez hace posible que tengan áreas interiores mayores a los demás estratos; tal es el caso de la cobertura boscosa que tiene ciertos parches con tamaños considerablemente grandes.

Una mayor fragmentación de parches se ubica en los estratos de Inceptisoles (parte centro del corredor) en donde se concentra una mayor actividad productiva y se encuentra en sitios planos urbanizables, seguido de cerca por los parches ubicados en los Ultisoles (parte sur del corredor) y Andisoles (parte norte del corredor).

Cuadro 5. Valores de índices de parche mayor, forma, área núcleo, y división, tomando en cuenta los tres estratos de suelos principales en el CBVCT.

<i>Estrato</i>	<i>Categoría de Uso</i>	<i>Índice del parche mayor (%)</i>	<i>Índice de forma</i>	<i>Área núcleo total (ha)</i>	<i>División</i>
	Bosque	5.85	20.98	814.64	0.99
	Pasto	23.72	15.44	2276.55	0.93
A	Suelo desnudo	0.03	3.36	0	1.00
N	Cultivos anuales	1.64	7.35	90.76	0.99
D	Pasto con árboles	1.77	7.39	218.96	0.99
I	Charrales y tacotales	0.58	6.20	22.36	1.00
S	Plantaciones forestales	0.02	1.79	0	1.00
O	Caña	1.73	6.57	75.84	0.99
L	Cultivos perennes	0.03	3.26	0	1.00
	Café	5.16	4.51	331.16	0.99
	Asentamientos humanos	0.03	4.28	0	1.00
	Cuerpos de agua	0.34	6.24	0	1.00
Total				3830.27	
	Bosque	4.09	24.72	1248.63	0.99
I	Café	3.67	19.68	1559.07	0.99
N	Pasto	2.23	24.50	604.30	0.99
C	Pasto con árboles	1.32	9.36	222.86	0.99
E	Caña	2.73	12.61	621.12	0.99
P	Charrales y tacotales	0.39	15.97	72.87	0.99
T	Plantaciones forestales	0.06	3.59	0.08	1.00
I	Asentamientos humanos	0.87	9.37	88.45	0.99
S	Cultivos anuales	0.07	6.48	0.30	1.00
O	Cuerpos de agua	1.76	15.61	145.03	0.99
L	Cultivos perennes	0.21	6.03	16.68	1.00
	SAF	0.33	9.18	37.34	1.00
	Suelo desnudo	0.02	11.47	0	1.00
Total				4616.73	
	Bosque	10.74	28.20	11941.27	0.97
	Café	1.00	22.81	1471.71	0.99
	Pasto	3.93	32.85	2161.77	0.99
U	Charrales y tacotales	0.46	23.96	524.68	0.99
L	Cultivos perennes	1.18	5.13	472.71	0.99
T	Pasto con árboles	0.46	16.30	257.71	0.99
I	Cuerpos de agua	0.64	14.39	144.33	0.99
S	Cultivos anuales	0.04	5.00	1.38	1.00
O	Caña	0.38	16.41	464.29	0.99
L	Asentamientos humanos	0.08	9.20	11.17	1.00
	Plantaciones forestales	0.11	5.41	17.97	1.00
	Suelo desnudo	0	4.45	0	1.00
	SAF	0.38	6.28	63.53	1.00
Total				17532.52	

Los índices de contagio señalan que los parches de las categorías de uso actual de la tierra tienden a estar agregados en los tres estratos (Cuadro 6). Del mismo cuadro se observa que el

porcentaje de adyacencia es muy alto en los 3 estratos, por lo que corrobora el índice anterior con parches máximamente agregados, pero no necesariamente conectados.

Cuadro 6. Valores de índices de contagio y adyacencia de los parches con categorías de uso de la tierra en el CBVCT, tomando en cuenta los estratos de suelos como Andisoles, Inceptisoles y Ultisoles.

Estrato	Índice de contagio (%)	Porcentaje de adyacencia (%)
ANDISOL	70.31	98.59
INCEPTISOL	60.49	98.19
ULTISOL	67.30	98.62

4.2 Análisis GAP

Al interior del CBVCT, sólo existe un área silvestre protegida bajo la categoría de Monumento Nacional Guayabo (MNG), con la cual se tomará en cuenta para realizar el análisis *gap*. El MNG fue establecido mediante la Ley N° 5300 del año 1973, con una extensión aproximadamente de 218 ha (SINAC 2006). Esta área de conservación, protege estructuras arqueológicas, además recursos de flora y fauna. Constituye el 0.3 % de todo el territorio que comprende el CBVCT, lo cual representa una mínima parte bajo protección legal.

Powell *et al.* (2000), realizan un estudio *gap* para toda Costa Rica considerando las áreas silvestres Protegidas y las zonas de vida de Holdridge, y establecen dos niveles de protección. El nivel 1, conformado por los Parques Nacionales y Reservas Biológicas, establece protección absoluta a todos los organismos representados en ellos, mientras que el nivel 2, son áreas que sólo reciben protección simbólica, en ella se ubican las Reservas Forestales, Humedales o Zonas Protectoras y por lo tanto estas poseen poca restricción de uso y se encuentran susceptibles a ser convertidos a otros usos agrícolas. Considerando ésta clasificación es posible afirmar que el MNG se ubica en el primer nivel en donde cuatro de los cinco tipos de bosque clasificados por Murrieta (2006) están bajo una protección absoluta.

A partir del análisis *gap*, se muestra que los cinco tipos de bosque preliminares identificados por Murrieta (2006) para el CBVCT, tienen poca representación y protección en el corredor. El 60 % del área del MN Guayabo se encuentra protegiendo solo cuatro tipos de estos bosques (Cuadro 7). El bosque 1, no se encuentra protegido ya que no muestra presencia en el área silvestre protegida. En términos generales, el análisis *gap* para una sola área protegida y con un área muy pequeña, no es conveniente ya que está mostrando que no existe una adecuada protección de los cinco tipos de bosque (Figura 5).

Así mismo, es posible identificar con el análisis *gap* los lugares en donde los tipos de vegetación podrían ser protegidos, tal como lo señala Fearnside y Ferraz (1995), quienes realizaron un análisis *gap* en la Amazonía del Brasil en donde, identificaron tipos de vegetación carentes de protección dentro de las unidades de conservación de los nueve estados del Amazonas del Brasil y así establecieron los lugares donde esos tipos de vegetación podrían estar protegidos.

Tomando en cuenta el análisis a nivel de paisaje que aparece en la sección 4.1, en donde se registra que los parches de bosque se encuentran altamente agregados (99 %) con relaciones de adyacencias, entonces es preocupante notar que la extensión que comprenden estos bosques no están apropiadamente protegidos lo cual los coloca en una situación de peligro y con la amenaza de que se establezcan en el futuro actividades que pongan en riesgo estos tipos de bosque.

Los esfuerzos de conservación de estos tipos de bosque preliminares dentro del CBVCT deben centrarse principalmente en preservar muestras representativas en el corredor, y constituyan la cobertura boscosa que en gran medida perdure y sea un recurso natural de planificación y gestión en el CBVCT.

Cuadro 7. Distribución de los cinco tipos de bosque en el área de conservación Monumento Nacional Guayabo (MNG)

Tipo de Bosque	Area dentro del CBVCT (ha)	% del área en el CBVCT	Area dentro del MN Guayabo (ha)	% del área en el MN Guayabo
Bosque 1: <i>Clarisia biflora</i> , <i>Ocotea nicaraguensis</i> y <i>Rollinia pittieri</i>	5396.33	18.58	0	0
Bosque 2: <i>Vismia macrophylla</i> , <i>Vochysia allenii</i> y <i>Miconia punctata</i>	7308.03	25.16	15.66	0.21
Bosque 3: <i>Hampea appendiculata</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> y <i>Conostegia rufescens</i>	5600.10	19.28	93.63	1.67
Bosque 4: <i>Croton draco</i> , <i>Citharexylum caudatum</i> y <i>Cecropia peltata</i>	6018.79	20.72	1.69	0.03
Bosque 5: <i>Croton schiedeanus</i> , <i>Alfaroa costaricensis</i> y <i>Abarema idiopoda</i>	2561.79	8.82	20.29	0.79

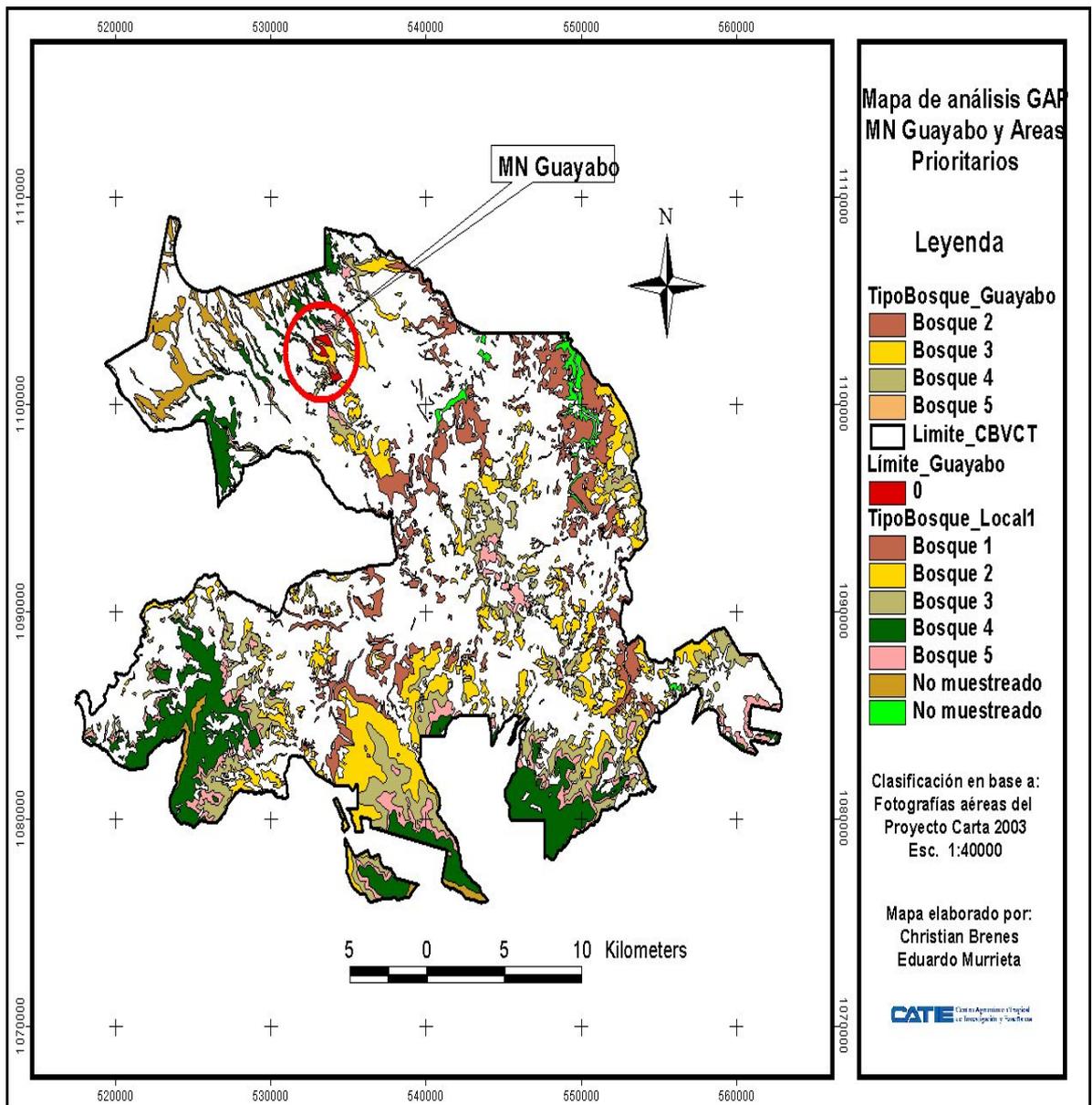


Figura 5. Análisis GAP, para los tipos de bosque y el Monumento Nacional Guayabo y los núcleos prioritarios de acuerdo al escenario local 1

Tomando en cuenta que sólo se hizo el análisis *gap* a partir de una sola área silvestre protegida y siendo muy insuficiente, se consideró entonces hacer éste análisis aplicado a los núcleos prioritarios de cobertura boscosa considerando uno de los cinco escenarios obtenidos a partir del taller de priorización de áreas para la conservación. Para este caso se seleccionó el escenario Local 1 (Anexo 1), con la finalidad de realizar un análisis *gap* más completo. De

acuerdo a la Figura 5 y Cuadro 8, se presenta gráficamente y cuantitativamente la distribución de los cinco tipos de bosque. De los 29,000 ha aproximadamente de cobertura boscosa en el CBVCT (Cuadro 2), se tiene que 14,000 ha (cerca a 50 %) (Cuadro 8), se encuentran representadas pero no protegidas legalmente bajo alguna categoría de área protegida. Así mismo podemos observar que el bosque 4 es el que tiene mayor cobertura, siendo los bosques 1 y 5 los de menores coberturas.

Cuadro 8. Distribución de los cinco tipos de bosque en los núcleos priorizados en el taller con participación de actores claves de acuerdo al escenario Local 1.

Bosque	Prioridad	ha	%
1	2	787.68	5.61
1	3	1102.68	7.86
2	2	829.35	5.91
2	3	2451.51	17.47
3	2	2783.61	19.84
3	3	316.80	2.26
4	2	373.59	2.66
4	3	3264.12	23.26
5	2	314.91	2.24
5	3	1120.86	7.99
No muestreado		685.17	4.88
Total		14030.28	100.00

4.3 Análisis de conectividad estructural ecológica

Del taller realizado para la priorización de áreas núcleos de bosques, se obtuvieron las ponderaciones y escalas de valores de las cinco variables (Anexos 2, 3, 4, 5 y 6).

Se muestran aquí dos de las redes de conexión (local 1 y técnico 1), generadas a partir del taller de priorización de áreas núcleos. En estas dos redes se establecieron relaciones y patrones comunes con cada una de ellas (Figura 6a y 6b). Las demás redes de conectividad estructural ecológica se muestran en los Anexos 7, 8 y 9.

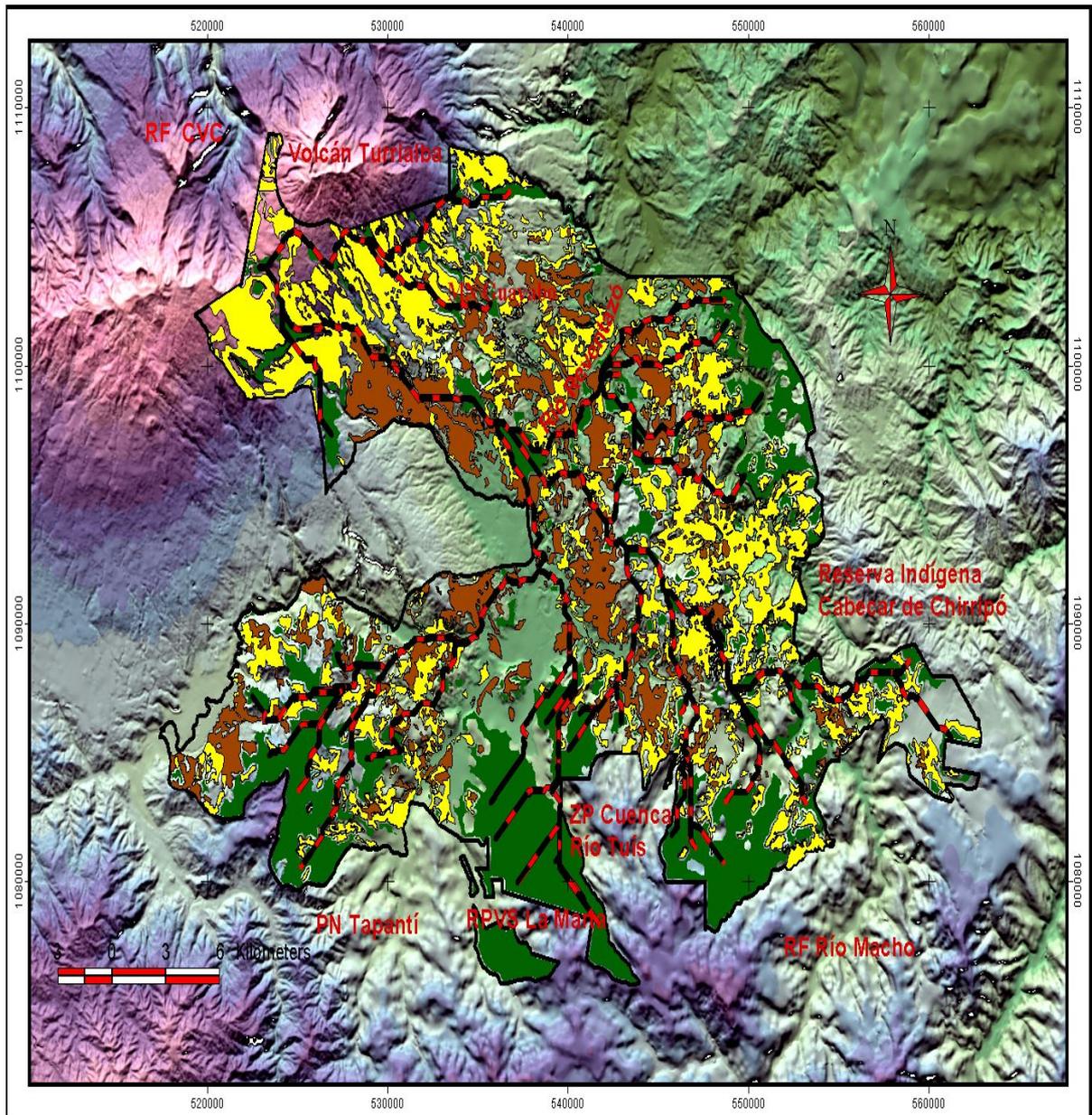


Figura 6a. *Escenario Local 1:* Red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT (línea de color rojo y negro), parches de bosque natural (color verde oscuro), café (color marrón) y pasto (color amarillo).

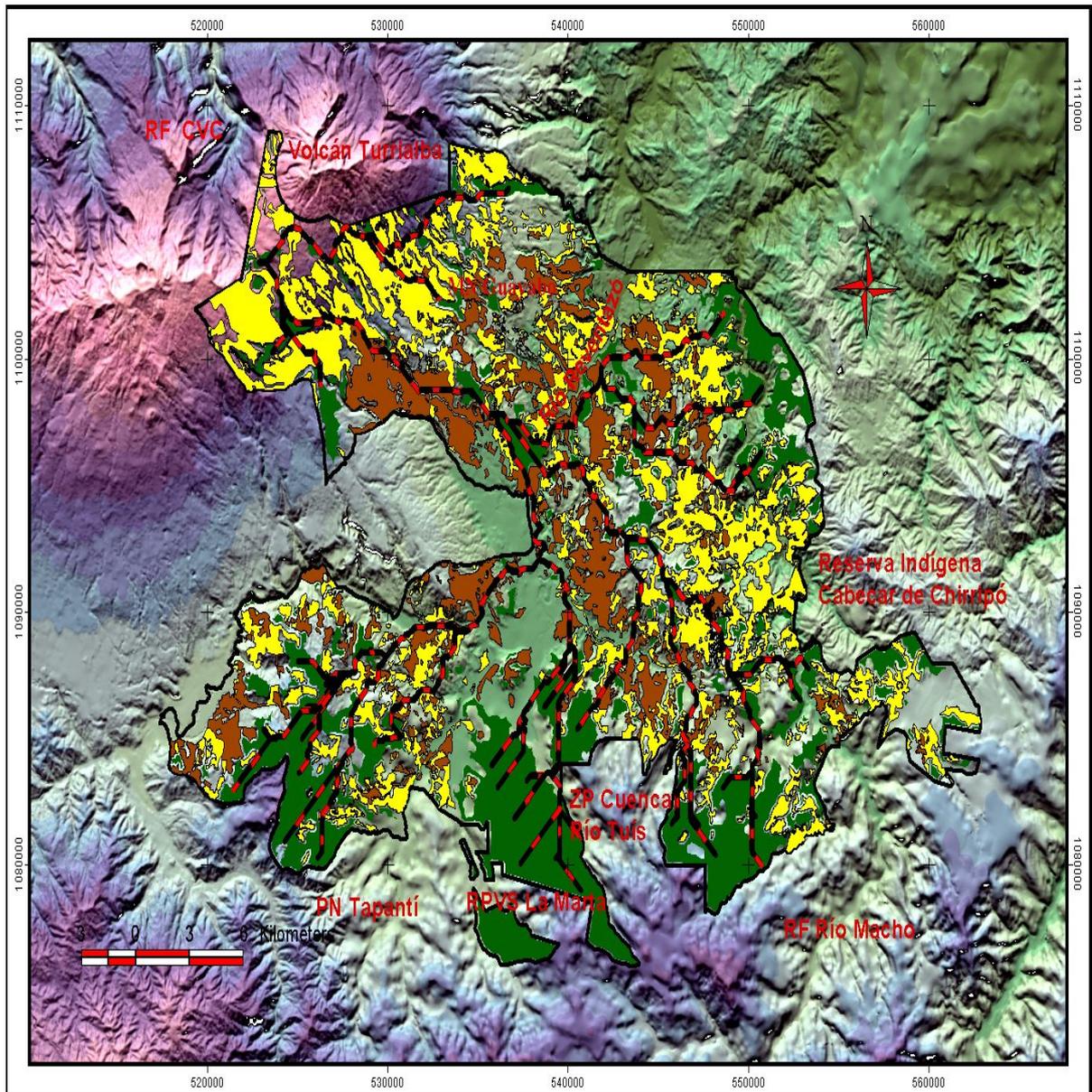


Figura 6b. Escenario Técnico 1: Red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT (línea de color rojo y negro), parches de bosque natural (color verde oscuro), café (color marrón) y pasto (color amarillo).

De acuerdo al buffer o área de amortiguamiento aplicado a cada uno de estos dos escenarios según los Cuadros 9a y 9b, es posible observar que el escenario *Local 1* tiene mayor recorrido que el escenario *Técnico 1*, y a la vez es mayor el recorrido que el resto de las demás redes de conectividad estructural. Esto se debe principalmente al criterio asumido durante el taller por cada grupo, de donde se obtuvo diferentes ponderaciones y escalas de valores para la

priorización de las áreas núcleos, tal es así que mientras algunos grupos dieron más porcentaje de prioridad al tipo de bosque otros sin embargo dieron más prioridad a áreas interiores u otras variables físicas ambientales, lo que hace variar en cierto modo la distancia y trayectoria de recorrido de cada uno de los escenarios de redes de conectividad estructural. Así mismo, se nota que en ambos escenarios hay una similitud en el porcentaje que representa para cada categoría de uso por donde recorren estas redes. Lo mismo sucede con el número y porcentaje de píxeles (Cuadros 10a y 10b).

Por otro lado, cada escenario mantiene una particularidad muy interesante en el sentido que los niveles de conectividad van atravesando mayormente cobertura boscosa, café con sombra, pasto y charrales/tacotales y así sucesivamente por otros usos hasta llegar a conectar los parches de bosques.

En definitiva se observa que, de los dos escenarios analizados como en los demás casos, se produce una conectividad estructural en el paisaje, así como entre las cuatro áreas silvestres protegidas que forman parte del objetivo de creación del CBVCT. Continuando con el análisis de cada uno de los escenarios, se nota que por el sector norte del corredor se tiene el punto de partida de la red, en donde se ubica el Volcán Turrialba cuyo recorrido de estas redes busca conectar con el Monumento Nacional Guayabo, atravesando parches de bosques riparios y áreas de pastizales.

De hecho que en este sector predomina más la cobertura de pasto (Cuadro 4), por lo que la red a pesar de buscar los usos con fricciones más bajos que pasto, no discrimina atravesar ésta cobertura y eso hace que de todas maneras, estas redes sigan una trayectoria de paso bastante considerable por los pastizales.

Cuadro 9. Area y porcentaje que ocupan los escenarios: a) *Local 1* y b) *Técnico 1* para cada uno de los usos que recorre la red durante su trayectoria, considerando un buffer de 100 m a cada lado de la línea de la red.

a)

Categoría de Uso	ha	%
Bosque	3837.47	68.95
Café con sombra	566.36	10.18
Pasto	451.74	8.12
Charrales y tacotales	258.14	4.64
Pasto con árboles	146.35	2.63
Caña	97.70	1.76
Cuerpos de agua	76.03	1.37
Cultivos perennes	70.28	1.26
SAF	18.30	0.33
Café sin sombra	17.15	0.31
AA.HH	11.77	0.21
Plantaciones forestales	8.57	0.15
Cultivos anuales	3.35	0.06
Suelo desnudo	2.22	0.04
Total	5565.41	100.00
recorrido total de la red (km)	282.29	

b)

Categoría de Uso	ha	%
Bosque	3547.63	70.51
Café con sombra	496.65	9.87
Pasto	410.47	8.16
Charrales y tacotales	221.25	4.40
Pasto con árboles	137.17	2.73
caña	77.08	1.53
Cuerpos de agua	76.88	1.53
SAF	18.30	0.36
Café sin sombra	16.71	0.33
Cultivos perennes	12.12	0.24
AA.HH	8.55	0.17
Plantaciones forestales	4.77	0.09
Suelo desnudo	2.22	0.04
Cultivos anuales	1.35	0.03
Total	5031.13	100.00
recorrido total de la red (km)	253.69	

Cuadro 10. Número y porcentaje de píxeles (30 m x 30 m) que ocupan los escenarios: a) *Local 1* y b) *Técnico 1*, durante su trayectoria, considerando los valores de fricción.

a)

Fricción	Nº Pixel	% Pixel
1	14763	84.53
3	1920	10.99
10	689	3.95
20	92	0.53
Total	17464	100.00

b)

Fricción	Nº Pixel	% Pixel
1	13511	85.67
3	1568	9.94
10	601	3.81
20	91	0.58
Total	15771	100.00

Dentro del corredor la mayoría de los sectores son muy importantes para la conservación, y con grandes potenciales para una conectividad estructural. Basado en estudios de investigación alcanzada hasta entonces, refieren que la conectividad de paisaje debería enfocar: (1) la relación entre la estructura del paisaje, el comportamiento de movimiento de organismos, y la conectividad de paisaje (2) la determinación de las relaciones entre las medidas diferentes de conectividad como medidas en particular estructurales y funcionales (Goodwin 2003).

Considerando las trayectorias de las cinco redes se definieron varios sectores que representan un papel muy importante para la conectividad en el paisaje. Para éste estudio, el autor identificó varios sectores prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Estas mismas se describen a continuación:

Por la parte norte del CBVCT, en las faldas del Volcán Turrialba (Figura 7), se observa que hay un gran predominio de pastizales y coberturas pequeñas de bosque ripario. Estos parches de bosque constituyen pequeños núcleos (sector 1), que a la vez son muy importantes para la conectividad. A partir de estos, es posible encontrar una gran posibilidad de propiciar el enlace desde la parte norte hasta la parte sur del corredor, por lo que es muy importante conservar y proteger estos bosques riparios. También podemos ver que estos parches se encuentran muy aislados y tienen formas alargadas, lo cual las hace muy susceptible a efectos de borde y por ende a una disminución del área interior.

Por el sector 2, se ubica la *finca cafetalera Aquiares* que es otra área importante que permite establecer la conectividad en el corredor. Tal como se observa en la Figura 7, ésta finca es muy extensa con cafetales con sombra y una gran parte de ella se encuentra certificada y cuyos núcleos constituyen una gran alternativa para propiciar la conservación de la biodiversidad en el corredor.

Otro lugar muy importante que se logra identificar, es el sector 3, en donde se ubica la *Finca La Isabel*, cuyo bosque juega un papel muy estratégico para la conectividad que se establece en el paisaje. La presencia de éste núcleo de bosque hace que la red de conectividad se desplace por el único parche de bosque que se presenta en esta parte del corredor altamente urbanizado y es desde todo punto de vista muy estratégico que se conserve este núcleo de bosque. También desde este sector se logra distribuir las ramificaciones de la red que finalmente buscan conectar con los parches de bosque que se encuentran en la parte sur del corredor (Figura 7).

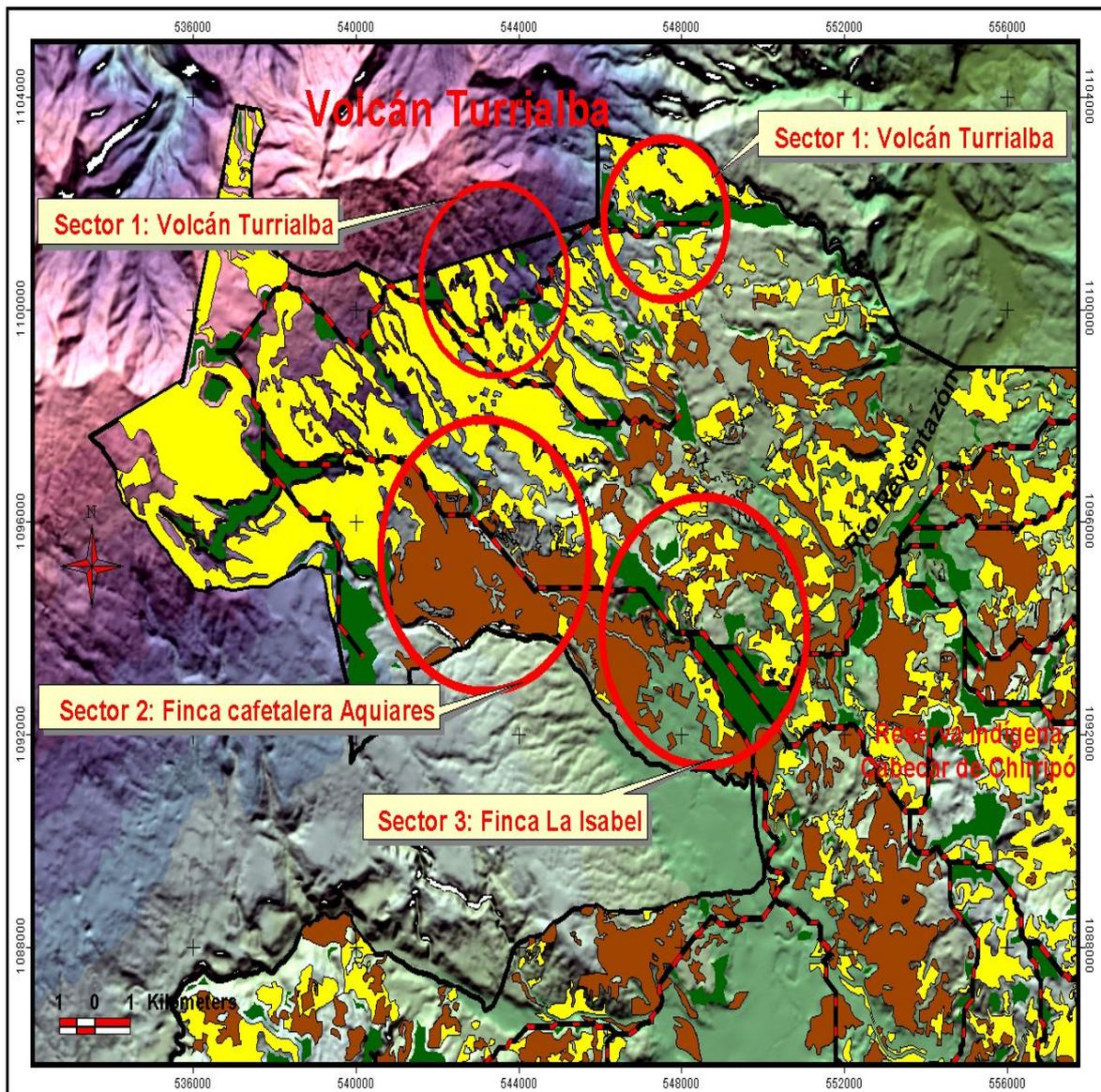


Figura 7. Identificación de tres sectores prioritarios (círculos de color rojo) para la conservación de la biodiversidad considerando la trayectoria de las redes de conectividad estructural en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca. Se muestran las coberturas de bosque (color verde oscuro), pasto (color amarillo), café (color marrón) y la red (línea de color rojo y negro)

Otros sectores importantes ubicados en el área del CBVCT, se muestran en la Figura 8. El sector 4, ubicado en la cuenca media y baja del río *Pacuare*, también es importante para la conectividad estructural ya que en el área se encuentra uno de los bosques más ricos y diversos: el bosque de *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaraguensis* y *Rollinia pittieri* (Murrieta

2006). Otro punto de vista muy importante relacionado a éste sector, es que es una continuidad de los bosques que se encuentran fuera del corredor y que a la vez están protegidos por la Reserva Indígena Cabecar de Chirripó.

En éste sector se encuentran grandes extensiones de bosque primario en condiciones casi inalteradas y son muy importantes junto a otros bosques naturales el desarrollo y conexión de los procesos ecológicos relacionados a una conectividad estructural y funcional de los organismos al interior del paisaje. En este sentido, el grado por el cual un sitio, o el paisaje, son conectados, así como la capacidad de organismos de moverse, dispersarse y emigrar varía de acuerdo a la especie (Sedell *et al.* 1990).

Con respecto al sector 5, donde se ubica los bosques de la *finca Balalaica*, también podemos afirmar que es otro núcleo de bosque muy importante para la conservación dado a su extensión y ubicación. Estos bosque proporcionan el recurso agua a toda la población que se encuentra asentada en la parte baja de este sector inclusive se encuentra el embalse de Angostura que utiliza todas las aguas que provienen de estos bosques.

Este bosque al igual que el de La Isabel se encuentra ubicado estratégicamente en el corredor biológico, de donde se distribuye la trayectoria de la red hacia el sector sur del corredor, llegando inclusive esta red hasta el sector Moravia donde se encuentra muy cerca a la comunidad indígena de Chirripó.

Por su parte, el sector 6, donde se ubica la *Finca Florencia Industrial*, es una zona que también aporta mucho a la conectividad en el paisaje, considerando que ésta área también contiene un bosque muy diverso en especies vegetales y donde también se encuentran nacientes de agua que proporcionan el recurso a las comunidades aledañas.

Los sectores 7, 8 y 9, son los tres núcleos de bosque más grandes en todo el CBVCT. Estos sectores ubicados en *Pejivalle*, *La Marta* y *Tayutic* respectivamente mantienen áreas de bosque primario en condiciones poco alteradas. Así mismo estos sectores también están conformados por bosques secundarios. Estas grandes masas boscosas son una conexión con

otras áreas protegidas como Parque Nacional Tapantí, Reserva Privada de Vida Silvestre La Marta, Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuís y Reserva Forestal Río Macho.

Las condiciones de hábitat que se encuentran en estos parches de bosque probablemente harían que los procesos ecológicos se desarrollen de una manera adecuada, tomando en cuenta el requerimiento de área interior y desplazamiento de especies por grandes extensiones de cobertura boscosa continua. De tal manera que, la estructura de paisaje y el comportamiento de movimiento de organismos actúan recíprocamente para determinar la conectividad en el paisaje.

La conservación de estas masas boscosas implica una tarea muy importante a tomar en cuenta y que necesariamente los esfuerzos que en ella se realicen repercutirán de manera positiva en la planificación y gestión de corredores biológicos y en particular del CBVCT. En otras palabras, los corredores es una estrategia importante de conectividad. Esto contribuye considerablemente a mejorar los efectos de la fragmentación y con cuidado debería ser considerado y tomado en cuenta por los planificadores de paisajes (Henein y Merriam 1990).

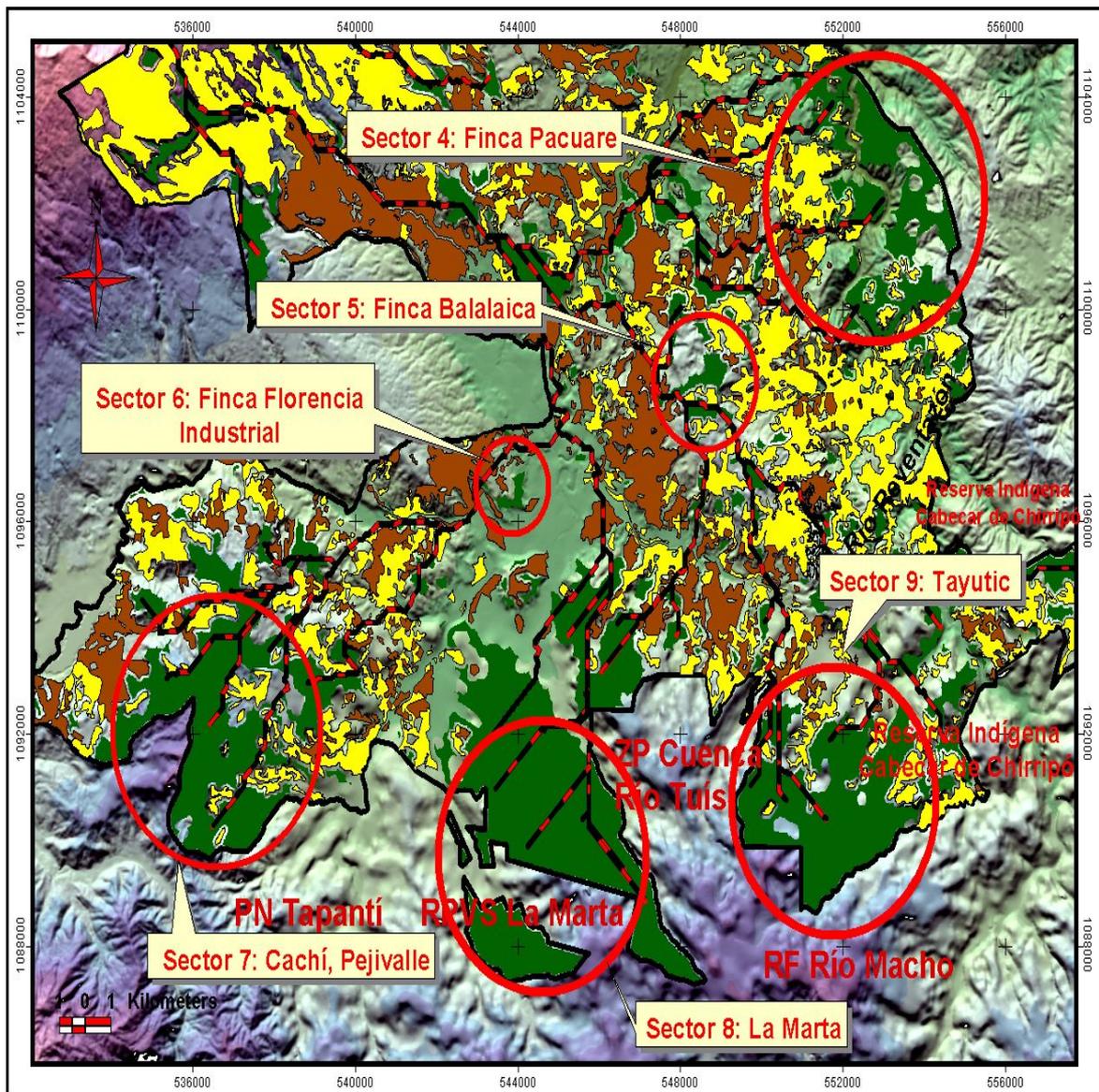


Figura 8. Identificación de seis sectores prioritarios (círculos de color rojo) para la conservación de la biodiversidad considerando la trayectoria de las redes de conectividad estructural en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca. Se muestran las coberturas de bosque (color verde oscuro), pasto (color amarillo), café (color marrón) y la red (línea de color rojo y negro)

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

» El análisis a nivel de paisaje que se hizo en el CBVCT muestra que la cobertura boscosa es la de mayor predominancia, con un 40%, que en comparación a los demás usos, se encuentra más concentrado en la parte centro y sur del corredor.

» El paisaje se encuentra fragmentado con una alta división de la cobertura de bosque continuo. Estos niveles de fragmentación fueron mayores entre la parte centro y sur del corredor. En la parte central del corredor se ubica una mayor concentración de la densidad poblacional y con presencia de una diversidad de actividades agrícolas en torno a la ciudad de Turrialba. Probablemente las condiciones topográficas y ambientales de estos sectores favorezcan el asentamiento humano y las diversas alternativas de uso de la tierra.

» Al interior del MN Guayabo, existe una mínima representación y protección legal de los cinco tipos de bosque identificadas por Murrieta (2006), estando totalmente ausente dentro de ésta área silvestre protegida el bosque de *Clarisia biflora*, *Ocotea nicaraguensis* y *Rollinia pittieri*.

» El establecimiento de cinco escenarios de redes de conectividad estructural ecológica en el CBVCT, constituye una herramienta muy útil para la gestión del corredor. Considerar en esta etapa la participación de actores claves fue estratégico en la obtención de los cinco escenarios de redes de conectividad ya que implica en gran forma una toma de decisiones para el manejo de los recursos.

» En los cinco escenarios de redes de conectividad estructural ecológica presentados en este trabajo, se tiene que todas llegan a establecer las relaciones de conectividad entre las cuatro áreas de conservación señaladas en la ficha técnica. Por otro lado, es importante señalar que aparte de estas cuatro áreas protegidas se tienen otras áreas bajo ciertas categorías de protección como la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, el Parque Nacional Tapantí

y la Reserva Forestal Río Macho que también sería necesario involucrarlas como prioridades para establecer los criterios de conectividad en el CBVCT.

» A partir de estos escenarios de redes de conectividad estructural ecológico se identificaron nueve sectores prioritarios para la conservación de la biodiversidad en el CBVCT y que impliquen estrategias y técnicas necesarias como el pago por servicios ambientales y otras iniciativas de conservación. Así mismo, queda abierta la posibilidad de modelar otros escenarios en el futuro considerando otros valores de fricción y que tomen en cuenta otros aspectos que no fueron evaluados en el presente estudio como calidad y tamaño de los parches.

» Para el análisis a nivel de paisaje, se recomienda considerar una franja exterior colindante por toda el área de estudio, con dimensiones relativas a los objetivos del estudio, de tal manera que las métricas como forma, tamaño, continuidad y adyacencias de parches que salen de los límites interiores del área de estudio puedan ser analizadas en el área de la franja exterior.

» Es conveniente conservar muestras representativas de los cinco tipos de bosque preliminares bajo alternativas de conservación como la instalación de áreas silvestres protegidas públicas o privadas.

» Es conveniente realizar ajustes en la delimitación del área del CBVCT. Por la parte norte del corredor sería necesario integrar más el área del Parque Nacional Volcán Turrialba y el Humedal Lagunas de Bonilla. Por el suroeste, el territorio que pertenece al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), sería estratégico incorporarlo dentro del área del corredor ya que esta institución es parte del proceso. Mientras que por la parte sur, sería necesario integrar el área adyacente a la Reserva Privada de Vida Silvestre (RPVS) La Marta, ya que es un área con cobertura boscosa que se encuentra aislada de la delimitación continua del corredor, de esta manera se lograría también que la RPVS La Marta se ubique al interior del CBVCT.

» Es necesario que se dé el seguimiento a la información obtenido a partir de éste estudio y que se desarrollen otros estudios de investigación que generen más información que vayan en beneficio de la conservación de la biodiversidad en el CBVCT.

6 BIBLIOGRAFÍA

Bocco, G; Mendoza, M; Velásquez, A. 2001. Remote sensing and GIS – based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries. *Science*. 39 (3): 211-219.

Caicco, SI; Scout, JM; Butterfield, B; Csuti, B. 1995. A Gap analysis of the management status of the vegetation of Idaho (USA). *Conservation Biology*. 9 (3): 498-511.

Canet, L. 2003. Ficha técnica del Corredor Biológico Turrialba – Jiménez. San José, Costa Rica. 75 p.

Chardon, JP; Adriaensen, F; Matthysen, E. 2003. Incorporating landscape elements into a connectivity measure: a case study for the Speckled wood butterfly. *Landscape Ecology*. 18 (6): 561-573

D'Eon, RG; Glenn SM; Parfitt, I; Fortín, MJ. 2002. Landscape Connectivity as a Function of Scale and Organism Vagility in a Real Forested Landscape. *Ecology and Society*. 6 (2) Art. 10

Fearnside, PM; Ferraz, J. 1995. A Conservation Gap Analysis of Brazil's Amazonian Vegetation. *Conservation Biology*. 9 (5): 1134-1147.

Goodwin, BJ. 2003. Is landscape connectivity a dependent or independent variable?. *Landscape ecology*. 18 (7): 687-699

- Henein, K; Merriam, G. 1990. The elements of connectivity where corridor quality is variable. *Landscape ecology*. 4 (2y3): 157-170
- 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. 1978. "Ecología Basada en Zonas de Vida". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 2004. Atlas de Costa Rica (en línea). Consultado el 10 Ago. 2005. Disponible en: <http://www.esri.com/software/arcexplorer/aedown/oaad.html>.
- Jennings, MD. 2000. Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landscape Ecology*. 15: 5-20
- Kiester, AR; Scott, JM; Csuti, B; Noss, RF; Butterfield, B; Sahr, K; White, D. 1996. Conservation prioritization using Gap data. *Conservation Biology*. 10 (5): 1332-1342.
- McGarigal, K; Marks, B; Ene, E; Holmes, C. 2002. Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Software program designed to compute a wide variety of landscape metrics for categorical map patterns. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- McGarigal, K; Marks, B. 1995. Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Oregon State University, EU. 122 p.
- 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. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 125 p.

- Powell, GVN; Barborak, J; Rodríguez, M. 2000. Assessing representativeness of protected natural areas in Costa Rica for conserving biodiversity: a preliminary gap analysis. *Biological Conservation* 93: 35-41.
- 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. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 114 p.
- Scott, JM; Jacobi, JJ; Estes, JE. 1987. Species richness: a geographic approach to protecting future biological diversity. *BioScience* 37:782-788.
- Sedell, JR; Reeves, GH; Hauer, FR; Standford, JA; Hawkins, CP. 1990. Role of refugia in recovery from disturbances: Modern fragmented and disconnected river systems. *Environmental Management*. 14: 711-724.
- SINAC (Sistema Nacional de Areas de Conservación de Costa Rica). 2006. (en línea). Consultado el 20 Ene. 2006. Disponible en: www.sinac.go.cr/
- Tischendorf, L; Fahrig, L. 2000. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Illumina*. 90 (1): 7-19
- Van der Merwe, JH; Lohrentz, G. 2001. Demarcating Coastal Vegetation Buffers with multicriteria evaluation and GIS at Saldanha Bay, South Africa. *Ambio*. 30(2):89-95.

ANEXOS

Anexo 1. Lista de participantes al taller de priorización de áreas de conservación para elaborar una propuesta de red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT

Taller de priorización de áreas de conservación para una propuesta de red de conectividad estructural ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca

Realizado en el CATIE, el 12/12/2005

NOMBRE:

INSTITUCIÓN/COMUNIDAD:

1. Gerardo Marín	Presidente APOT
2. Oscar Fonseca	MN Guayabo - MINAE
3. Gustavo Calvo Domínguez	UMCRE - ICE
4. Ligia Quiroz	MINAE - BMR
5. Ubaldo Montero	Acueducto Buena Vista, Pacayas
6. Carlos Morales	APOT San Juan Sur, Turrialba
7. Dagoberto Fonseca	Vice Pres. Acueducto Aquiares, Santa Rosa
8. Eduardo Alvarado	Pres. Acueducto Aquiares, Santa Rosa
9. Hugo Prieto Moya	Pres. Red para Prevención y Riesgo, Cachí
10. Miguel A. Barbosa	Pres. Acueducto, Tuis
11. Marino Gutiérrez	Vice Pres. Acueducto, Tuis
12. Yoleni Pereira	Tesorera Acueducto, Tuis
13. Gonzalo Álvarez	Red Turismo ASOPROA, Santa Cruz
14. Jaime Salazar	Vice Pres. Acueducto y APOT Alto Varas, La Isabel
15. Omar Gómez Serrano	Pres. Acueducto y APOT Alto Varas, La Isabel
16. Christian Brenes	SIG - CATIE
17. Mildred Jiménez	BMR - CATIE
18. Bryan Finegan	CATIE
19. Margarita Céspedes	Estudiante CATIE
20. Jacqueline Ramírez	Estudiante CATIE
21. Elena Florian	Estudiante CATIE
22. Guillermo Guerrero	Estudiante CATIE

Anexo 2. Ponderaciones y escala de valores para las cinco variables físico-ambientales para definir las priorizaciones de los núcleos de bosque en el CBVCT con respecto al escenario: Local 1

Variabes	Peso absoluto (%)	Rango	Escala de valor		Observaciones/Comentarios
Pendiente (%) (a)	5%	0 - 15%	1	1: Vulnerabilidad alta 2: Vulnerabilidad media 3: Vulnerabilidad baja	A mayor pendiente costará establecer cualquier actividad comercial
		15 - 30%	2		
		30 - 60%	3		
		> 60%	3		
Distancia a caminos (m) (b)	5%	0 - 100	1	1: Vulnerabilidad alta 2: Vulnerabilidad media 3: Vulnerabilidad baja	Por lo general son áreas protegidas, por eso son menos vulnerables
		100 - 300	3		
		> 300	3		
Distancia a ríos (m) (c)	30%	0 - 100	3	1: Protección baja 2: Protección media 3: Protección alta	Los bosques necesitan protección del Estado y en cierta forma los dueños desconocen su importancia
		100 - 300	2		
		> 300	1		
Area interior de bosque (ha) (d)	20%	1.3 - 14.5	3	1: Prioridad baja 2: Prioridad media 3: Prioridad alta	Más prioridad al área más pequeña ya que está susceptible a desaparecer, en cambio las áreas grandes están más protegidos
		15 - 80.8	3		
		98.8 - 308.5	2		
		429 - 814	2		
		2000 - 3085	1		
Tipos de Bosque (e)	40%	Bosque 1	3	1: Prioridad baja 2: Prioridad media 3: Prioridad alta	Todos los bosques son muy importantes para el corredor biológico
		Bosque 2	3		
		Bosque 3	3		
		Bosque 4	3		
		Bosque 5	3		

Peso absoluto (a + b + c + d + e) = 100 %

Anexo 3. Ponderaciones y escala de valores para las cinco variables físico-ambientales para definir las priorizaciones de los núcleos de bosque en el CBVCT con respecto al escenario: Local 2

Variables	Peso absoluto (%)	Rango	Escala de valor		Observaciones/Comentarios
Pendiente (%) (a)	10%	0 - 15%	1	1: Vulnerabilidad alta 2: Vulnerabilidad media 3: Vulnerabilidad baja	
		15 - 30%	1		
		30 - 60%	2		
		> 60%	3		
Distancia a caminos (m) (b)	5%	0 - 100	1	1: Vulnerabilidad alta 2: Vulnerabilidad media 3: Vulnerabilidad baja	Por el crecimiento del desarrollo de Infraestructura. Ejemplo: Ampliación de vías o proyectos hidroeléctricos
		100 - 300	1		
		> 300	2		
Distancia a ríos (m) (c)	40%	0 - 100	3	1: Protección baja 2: Protección media 3: Protección alta	
		100 - 300	2		
		> 300	1		
Area interior de bosque (ha) (d)	15%	1.3 - 14.5	1	1: Prioridad baja 2: Prioridad media 3: Prioridad alta	En áreas mayores hay más espacio que proteger
		15 - 80.8	1		
		98.8 - 308.5	2		
		429 - 814	3		
		2000 - 3085	3		
Tipos de Bosque (e)	30%	Bosque 1	3	1: Prioridad baja 2: Prioridad media 3: Prioridad alta	Mantener el equilibrio entre todas las especies y sobre todo poner más esfuerzo sobre aquellos que están en vías de extinción
		Bosque 2	3		
		Bosque 3	2		
		Bosque 4	3		
		Bosque 5	3		

Peso absoluto (a + b + c + d + e) = 100 %

Anexo 4. Ponderaciones y escala de valores para las cinco variables físico-ambientales para definir las priorizaciones de los núcleos de bosque en el CBVCT con respecto al escenario: Técnico 1

Variables	Peso absoluto (%)	Rango	Escala de valor		Observaciones/Comentarios
Pendiente (%) (a)	25%	0 - 15%	1	1: Vulnerabilidad alta 2: Vulnerabilidad media 3: Vulnerabilidad baja	Un rango más podría facilitar el análisis a partir de los 60%
		15 - 30%	1		
		30 - 60%	2		
		> 60%	2		
Distancia a caminos (m) (b)	10%	0 - 100	1	1: Vulnerabilidad alta 2: Vulnerabilidad media 3: Vulnerabilidad baja	El rango implica poca diferencia en condiciones de intervención o riesgo tal vez mayor a 5 km puede ser vulnerab
		100 - 300	1		
		> 300	2		
Distancia a ríos (m) (c)	10%	0 - 100	3	1: Protección baja 2: Protección media 3: Protección alta	De 100 m en adelante en todo caso no está protegido por ley
		100 - 300	2		
		> 300	1		
Area interior de bosque (ha) (d)	30%	1.3 - 14.5	1	1: Prioridad baja 2: Prioridad media 3: Prioridad alta	98.8 – 308.5 ha puede ser prioridad alta o media, dependiendo del contexto de paisaje en el que se ubique
		15 - 80.8	2		
		98.8 -	3		
		429 - 814	3		
		2000 -	3		
Tipos de Bosque (e)	25%	Bosque 1	3	1: Prioridad baja 2: Prioridad media 3: Prioridad alta	Todos los tipos de bosque son importantes de que estén debidamente Representados
		Bosque 2	3		
		Bosque 3	3		
		Bosque 4	3		
		Bosque 5	3		

Peso absoluto (a + b + c + d + e) = 100 %

Anexo 5. Ponderaciones y escala de valores para las cinco variables físico-ambientales para definir las priorizaciones de los núcleos de bosque en el CBVCT con respecto al escenario: Técnico 2

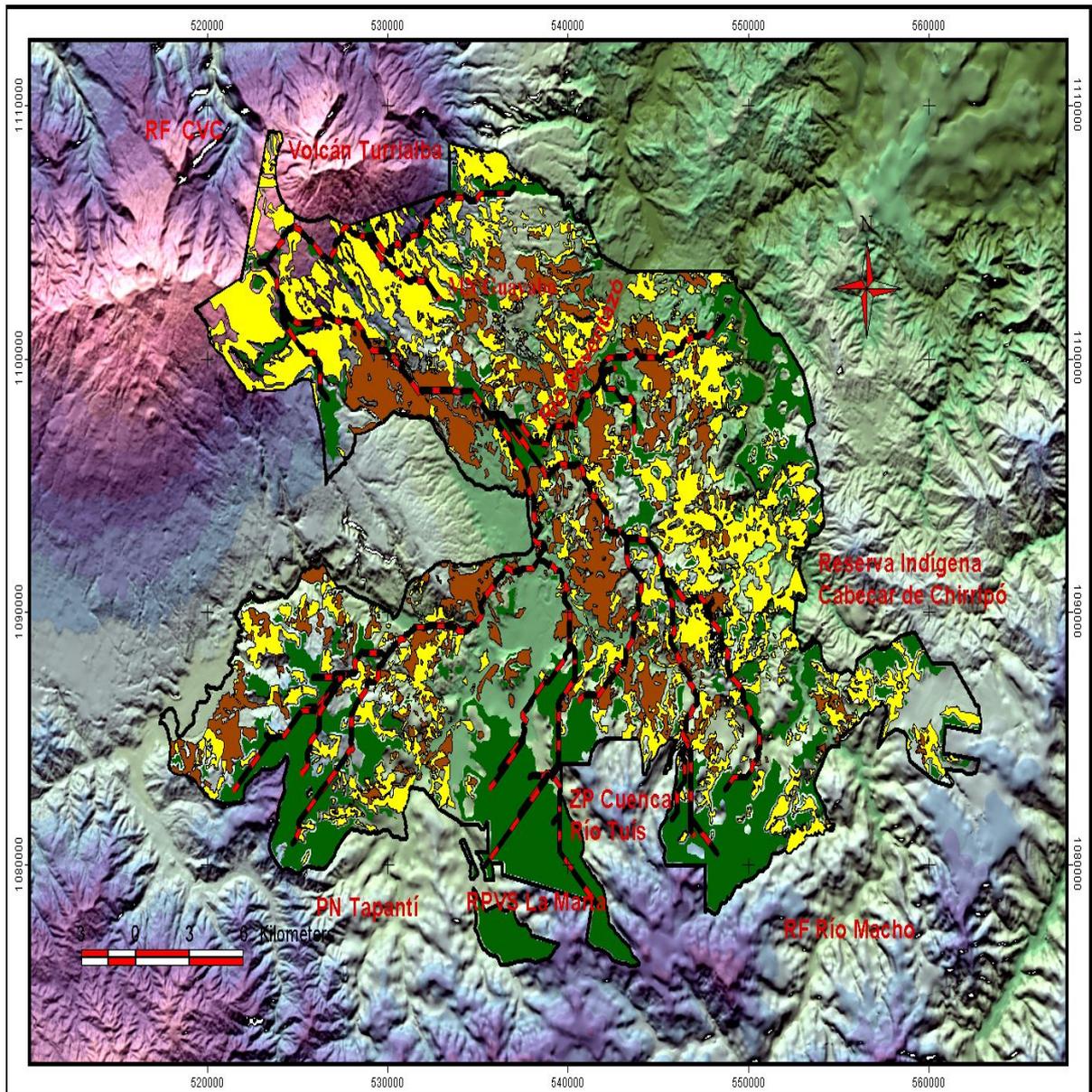
Variables	Peso absoluto (%)	Rango	Escala de valor		Observaciones/Comentarios
Pendiente (%) (a)	5%	0 - 15%	1	1: Vulnerabilidad alta	
		15 - 30%	2	2: Vulnerabilidad media	
		30 - 60%	2	3: Vulnerabilidad baja	
		> 60%	3		
Distancia a caminos (m) (b)	5%	0 - 100	1	1: Vulnerabilidad alta	La escala tiene valores muy pequeños pensamos que 1 km debe ser el límite
		100 - 300	1	2: Vulnerabilidad media	
		> 300	2	3: Vulnerabilidad baja	
Distancia a ríos (m) (c)	30%	0 - 100	3	1: Protección baja	
		100 - 300	2	2: Protección media	
		> 300	1	3: Protección alta	
Area interior de bosque (ha) (d)	40%	1.3 - 14.5	3	1: Prioridad baja	En zonas con bosque escaso, áreas pequeñas son de prioridad alta en conectividad. Es importante las particularidades de cada sitio
		15 - 80.8	3	2: Prioridad media	
		98.8 - 308.5	3	3: Prioridad alta	
		429 - 814	2		
		2000 - 3085	2		
Tipos de Bosque (e)	20%	Bosque 1	1	1: Prioridad baja	
		Bosque 2	2	2: Prioridad media	
		Bosque 3	2	3: Prioridad alta	
		Bosque 4	2		
		Bosque 5	3		

Peso absoluto (a + b + c + d + e) = 100 %

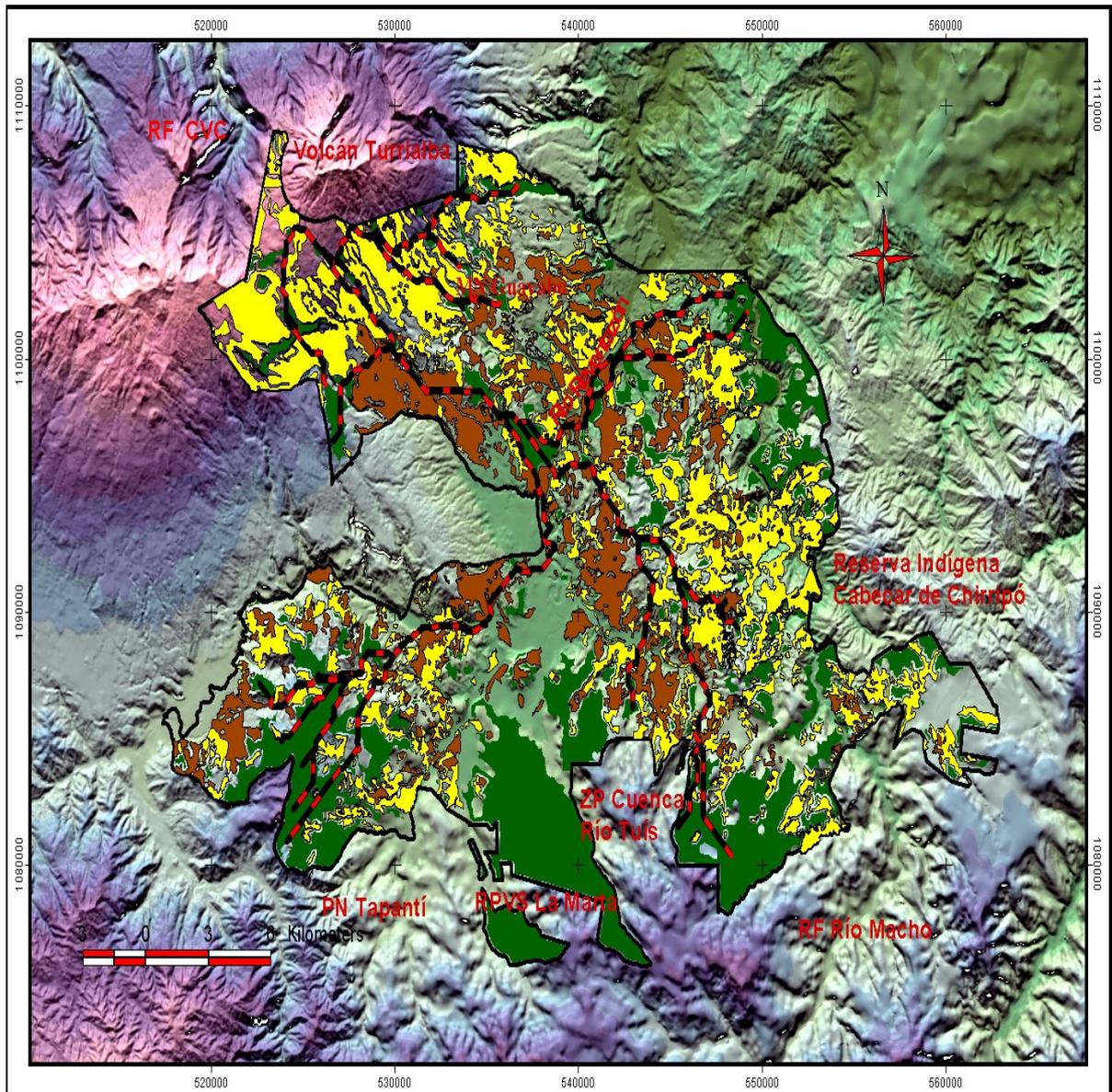
Anexo 6. Ponderaciones y escala de valores para las cinco variables físico-ambientales para definir las priorizaciones de los núcleos de bosque en el CBVCT con respecto al escenario: Técnico 3

Variables	Peso absoluto (%)	Rango	Escala de valor		Observaciones/Comentarios
Pendiente (%) (a)	10%	0 - 15%	1	1: Vulnerabilidad alta	
		15 - 30%	2	2: Vulnerabilidad media	
		30 - 60%	2	3: Vulnerabilidad baja	
		> 60%	3		
Distancia a caminos (m) (b)	5%	0 - 100	1	1: Vulnerabilidad alta	
		100 - 300	2	2: Vulnerabilidad media	
		> 300	3	3: Vulnerabilidad baja	
Distancia a ríos (m) (c)	15%	0 - 100	3	1: Protección baja	
		100 - 300	2	2: Protección media	
		> 300	1	3: Protección alta	
Area interior de bosque (ha) (d)	30%	1.3 - 14.5	2	1: Prioridad baja	
		15 - 80.8	2	2: Prioridad media	
		98.8 -	2	3: Prioridad alta	
		429 - 814	3		
		2000 -	3		
Tipos de Bosque (e)	40%	Bosque 1	3	1: Prioridad baja	
		Bosque 2	3	2: Prioridad media	
		Bosque 3	3	3: Prioridad alta	
		Bosque 4	3		
		Bosque 5	3		

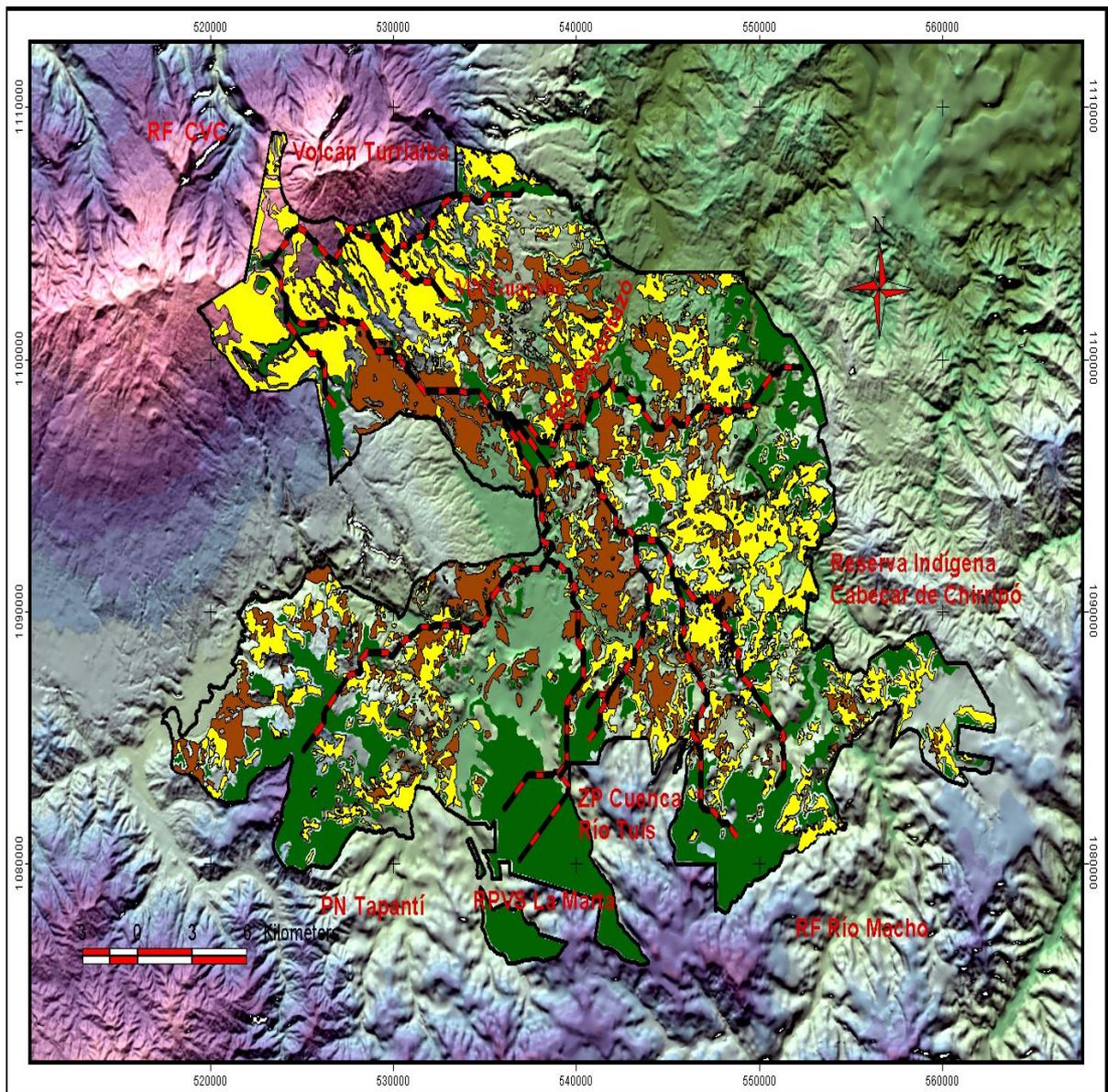
Peso absoluto (a + b + c + d + e) = 100 %



Anexo 7. Escenario Local 2: Red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT (línea de color rojo y negro), parches de bosque natural (color verde oscuro), café (color marrón) y pasto (color amarillo).



Anexo 8. Escenario Técnico 2: Red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT (línea de color rojo y negro), parches de bosque natural (color verde oscuro), café (color marrón) y pasto (color amarillo).



Anexo 9. *Escenario Técnico 3:* Red de conectividad estructural ecológica en el CBVCT (línea de color rojo y negro), parches de bosque natural (color verde oscuro), café (color marrón) y pasto (color amarillo).