

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS  
ALEXANDER VON HUMBOLDT**

Serie: Indicadores de  
Seguimiento y Evaluación  
de la Política de  
Biodiversidad

**4. Corredor nororiental  
de robles: indicadores  
de estado de la  
biodiversidad, factores  
antrópicos asociados y  
áreas prioritarias de  
conservación**

**Programa Política y Legislación**  
Sistema de Indicadores de Seguimiento de la  
Política Nacional de Biodiversidad  
**Unidad de Sistemas de Información Geográfica**  
**Programa de Inventarios de la Biodiversidad**  
**Programa de Biología de la Conservación**

Nelly Rodríguez  
Alexander Rincón  
Dolors Armenteras  
Humberto Mendoza  
Ana María Umaña  
Natalia Arango  
María Piedad Baptiste



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
DE RECURSOS BIOLÓGICOS  
ALEXANDER VON HUMBOLDT

©Instituto de Investigación  
de Recursos Biológicos  
Alexander von Humboldt  
2005

Los textos pueden ser utilizados total o  
parcialmente citando la fuente

**REVISIÓN TÉCNICA**

Néstor Ortiz Pérez

**COORDINACIÓN EDITORIAL**

Claudia María Villa García

**EDICIÓN CARTOGRÁFICA**

Carol Andrea Franco Aguilera

**DISEÑO Y  
DIAGRAMACIÓN**

Carolina Norato Anzola

**FOTOGRAFÍAS**

Francisco A. Nieto M.  
Banco de Imágenes Ambientales IAvH  
Julio Betancur, ICN

**IMPRESIÓN**

Arte y Fotolito

Bogotá D. C., Colombia  
Febrero de 2005

**Cítese como:**

Rodríguez N., Rincón A., Armenteras D.,  
Mendoza H., Umaña A.M., Arango N.  
y Baptiste M.P. 2005. Corredor nororiental  
de robles: indicadores de estado de la  
biodiversidad, factores antrópicos asocia-  
dos y áreas prioritarias de conservación.  
Instituto de Investigación de Recursos Bio-  
lógicos Alexander von Humboldt. **Serie:**  
**Indicadores de Seguimiento y Evalua-  
ción de la Política de Biodiversidad. 88 p.**

ISBN: 999999999



Libertad y Orden  
Ministerio del Medio Ambiente,  
Planificación y Organización  
Territorial



Banco Mundial



Real Jardín Botánico  
de los Países Bajos



FERNANDO GAST HARDERS  
Director General

## ÍNDICE DE AUTORES

NELLY RODRÍGUEZ ERASO

Investigadora Unidad de Sistemas de Información Geográfica  
nrodriguez@humboldt.org.co  
Carrera 7 No. 35-20  
Bogotá, D. C.- Colombia

ALEXANDER RINCÓN RUÍZ

Investigador Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad  
arincon@humboldt.org.co  
Carrera 7 No. 35-20  
Bogotá, D. C- Colombia

DOLORS ARMENTERAS PASCUAL

Investigadora principal Unidad de Sistemas de Información Geográfica  
darmenteras@humboldt.org.co  
Carrera 7 No. 35-20  
Bogotá, D. C- Colombia

HUMBERTO MENDOZA CIFUENTES

Investigador Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental GEMA  
hmendoza@humboldt.org.co  
Claustro de San Agustín  
Villa de Leyva- Colombia

ANA MARÍA UMAÑA VILLAVECES

Investigadora Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental GEMA  
umana@humboldt.org.co  
Claustro de San Agustín  
Villa de Leyva- Colombia

NATALIA ARANGO VÉLEZ

Investigadora principal Áreas Protegidas  
narango@humboldt.org.co  
Carrera 7 No. 35-20  
Bogotá, D. C- Colombia

MARÍA PIEDAD BAPTISTE ESPINOSA

Investigadora Especies Focales  
mpbatipste@humboldt.org.co  
Carrera 7 No. 35-20  
Bogotá, D. C- Colombia

Presentación .....	10
Agradecimientos .....	11
Introducción .....	12
Área de estudio .....	14
<b>1</b> INDICADORES DE SEGUIMIENTO DE LA POLÍTICA DE BIODIVERSIDAD .....	15
1.1 Metodología .....	17
Indicador de superficie de los ecosistemas .....	17
Indicador de cambio en la superficie de los ecosistemas .....	17
Indicador de riqueza de ecosistemas .....	18
Indicador de fragmentación de los ecosistemas naturales .....	18
Indicadores de diversidad de especies .....	19
Indicador comparativo de especies amenazadas y casi amenazadas .....	20
Indicador del estado de salud del hábitat .....	21
Indicador de declaración de áreas protegidas .....	21
Indicador de representatividad de ecosistemas en las áreas protegidas .....	21
Indicadores de estado de la población .....	21
Indicadores de defunciones según principales causas .....	22
Indicadores de presión demográfica .....	22
Indicadores de presión económica .....	22
Índice de escasez hídrica .....	22
Interpretación de resultados .....	23
1.2 Resultados y discusión .....	23
Indicador de superficie de los ecosistemas .....	23
Indicador de cambio en la superficie de los ecosistemas .....	27
Indicador de riqueza de ecosistemas .....	29
Indicador de fragmentación de ecosistemas naturales .....	29
Indicadores de diversidad de especies .....	33
Indicador comparativo de especies amenazadas .....	37
Indicador del estado de salud del hábitat .....	38
Indicador de porcentaje de declaración de áreas protegidas .....	38
Indicador de representatividad de ecosistemas de las áreas protegidas .....	39
Indicadores de estado de la población .....	39
Indicadores de presión demográfica .....	43

Indicadores de presión económica .....	45
Índice de escasez de agua .....	49
<b>2</b> ANÁLISIS DE ASOCIACIONES ENTRE VARIABLES ECONÓMICAS, SOCIALES, DEMOGRÁFICAS Y REFERENTES AL ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD .....	51
2.1 Metodología .....	53
2.2 Resultados y discusión .....	53
<b>3</b> PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN EN EL CORREDOR NORORIENTAL DE ROBLES BOYACÁ-SANTANDER .....	59
<b>4</b> CONCLUSIONES .....	65
<b>5</b> ANEXOS .....	69
Anexo 1. Leyenda del mapa de ecosistemas del corredor nororiental de robles, año 2002 .....	71
Anexo 2. Listado de especies de aves registradas para el área de estudio .....	74
Anexo 3. Listado de especies de las familias Melastomataceae y Rubiaceae registradas para el área de estudio .....	79
<b>6</b> BIBLIOGRAFÍA.....	83

Figura 1.	Localización del área de estudio .....	14
Figura 2.	Distribución espacial de los biomas para el año 2002 .....	25
Figura 3.	Porcentaje de ecosistemas naturales de los municipios asociados al corredor nororiental de robles, año 2002 .....	26
Figura 4.	Porcentaje de área en ecosistemas con predominancia en pastos y cultivos .....	27
Figura 5.	Distribución de la pérdida de ecosistemas naturales para el período 1987-2002 .....	28
Figura 6.	Tasas de cambio en la superficie de los ecosistemas por municipio, años 1987-2002 .....	29
Figura 7.	Análisis de componentes principales para los índices de fragmentación .....	33
Figura 8.	Presencia de especies de aves amenazadas en el corredor nororiental de robles .....	37
Figura 9.	Distribución municipal del índice de calidad de vida (ICV), año 1993 .....	41
Figura 10.	Distribución municipal de la densidad de la población rural, año 2000 .....	44
Figura 11.	Distribución de la población total por municipio, año 2000 .....	45
Figura 12.	Participación porcentual de la población rural por municipio, años 1985, 1993 y 2000 .....	46
Figura 13.	Distribución de la actividad económica por municipio, año 2000 a precios constantes de 1994 (millones de pesos) .....	47
Figura 14.	Área en cultivos de papa (ha) vs. porcentaje de población rural en los municipios de Boyacá que pertenecen al corredor nororiental de robles, año 2002 .....	49
Figura 15.	Área en ecosistemas naturales vs. densidad rural municipal, año 2000 .....	54
Figura 16.	Cambio porcentual en ecosistemas naturales y seminaturales vs. cambio porcentual en ecosistemas transformados .....	55
Figura 17.	Índice de calidad de vida (1993) vs. indicador de actividad económica <i>per</i> <i>capita</i> año 2000 a precios constantes de 1994 (millones de pesos) .....	56
Figura 18.	Porcentaje de población rural vs. indicador de actividad económica, año 2000 .....	57
Figura 19.	Localización de las áreas prioritarias de conservación por urgencia .....	63
Figura 20.	Localización de las áreas prioritarias de conservación por viabilidad de gestión .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Listado de los índices de fragmentación de ecosistemas naturales .....	18
Tabla 2.	Localización de inventarios biológicos en el área del corredor nororiental de robles .....	19
Tabla 3.	Resumen de categorías de la UICN para la definición del grado de amenaza de las especies .....	20
Tabla 4.	Categorías de valoración para la interpretación de los indicadores .....	23
Tabla 5.	Superficie (ha) de los biomas del corredor nororiental de robles, años 1987 y 2002 ....	24
Tabla 6.	Tasas de cambio en la superficie de los biomas para el período 1987-2002 .....	28
Tabla 7.	Número de biomas y ecosistemas naturales por municipio .....	29
Tabla 8.	Comparación del cambio en algunos índices de fragmentación por bioma para el período 1987-2002 .....	30
Tabla 9.	Valor de algunos índices de fragmentación por municipio, año 2002 .....	32
Tabla 10.	Número de especies totales de algunos grupos biológicos en el área de estudio .....	33
Tabla 11.	Valores de la riqueza y abundancia de especies por localidad muestreada .....	34
Tabla 12.	Valores del índice de complementariedad (IC) entre localidades del corredor nororiental de robles .....	35
Tabla 13.	Registros de especies con alguna importancia taxonómica, geográfica o de conservación para el área de estudio .....	35
Tabla 14.	Indicador comparativo de especies de aves amenazadas .....	38
Tabla 15.	Número de especies de aves por localidad de acuerdo con criterios de especificidad de hábitat, sensibilidad a perturbaciones, distribución y estado de conservación .....	38
Tabla 16.	Representatividad de biomas en las áreas protegidas pertenecientes al corredor nororiental de robles .....	39
Tabla 17.	Municipios con mayor y menor índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI), año 1993 .....	40
Tabla 18.	Mayores porcentajes de necesidades básicas insatisfechas (NBI) rurales por municipio, año 1993 .....	40
Tabla 19.	Municipios con mayor y menor valor de índice de calidad de vida (ICV), año 1993 ....	41
Tabla 20.	Municipios con mayor y menor porcentaje de muertes por causa violenta .....	42
Tabla 21.	Porcentaje de muertes por enfermedades digestivas por municipio .....	42
Tabla 22.	Porcentaje de muertes por enfermedades respiratorias por municipio .....	43
Tabla 23.	Municipios con mayor y menor tasa de analfabetismo .....	43
Tabla 24.	Población censal municipal (1951-1964-1976-1985-1993 y 2000 proy) .....	44
Tabla 25.	Municipios con mayor crecimiento de la población urbana y cambio porcentual (1951-2000) .....	44



Tabla 26.	Municipios con mayor y menor indicador de actividad económica (IAE) 2000 a precios constantes de 1994 (millones de pesos) .....	46
Tabla 27.	Indicador de actividad económica <i>per capita</i> a precios constantes de 1994 (millones de pesos) .....	47
Tabla 28.	Área cultivada (ha) y producción (t) de papa en los principales departamentos productores del país .....	48
Tabla 29.	Número de fincas, unidades productoras, área total de papa y participación porcentual de los municipios del corredor de robles en el total del departamento de Boyacá .....	48
Tabla 30.	Índice anual de escasez de agua, por municipio (año medio) .....	50
Tabla 31.	Índice anual de escasez de agua, por municipio (año seco) .....	50
Tabla 32.	Escala de valoración de los criterios usados para evaluar prioridades de conservación .	62

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en sus 10 años de actividades alrededor del conocimiento, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, presenta en esta ocasión a las organizaciones ambientales públicas y privadas, y al público en general, la cuarta publicación de la Serie de «Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política Nacional de Biodiversidad» desarrollada en la zona piloto correspondiente al corredor nororiental de robles (Guanentá-Iguaque) ubicado en los departamentos de Boyacá y Santander.

Orientar una estrategia de manejo de la biodiversidad a largo plazo requiere una base sólida que establezca un seguimiento al estado, las presiones y las tendencias en los patrones de biodiversidad con el objeto de dar pautas para la definición de políticas de acciones de respuesta a problemas y oportunidades que este proceso logre identificar. Esta publicación muestra los adelantos metodológicos y analíticos de los investigadores del Instituto Humboldt en uno de los sectores más importantes de la cordillera Oriental, relativamente poco estudiado y considerado como un área prioritaria para la conservación y para iniciar y concertar estrategias de manejo sostenible de los recursos existentes. Se abordaron integralmente con enfoque ecosistémico aspectos tanto de componentes de biodiversidad de ecosistemas y especies, como el estatus de conservación de éstos, estado socioeconómico y demográfico de la población humana, presiones y respuestas que se van poniendo en práctica para el manejo de los recursos naturales y análisis de prioridades de conservación, todo ello dentro del marco del sistema de indicadores de seguimiento de la Política Nacional de Biodiversidad.

Esperamos que los resultados que a continuación se muestran sirvan de información de línea base y aporten a consolidar la implementación de la Política de Biodiversidad en el ámbito regional, no sólo a través del seguimiento de la política general sino de la evaluación de la gestión y del impacto de actuales o futuras acciones de respuesta en este sector del país y abra las puertas a nuevas investigaciones encaminadas a señalar prioridades específicas de conservación donde las relaciones de la biodiversidad y los procesos sociales logren un equilibrio en pro del manejo y uso sostenible de nuestros recursos.

*Fernando Gast Harders*  
*Director General IAvH*

Los autores agradecemos la colaboración de las diferentes líneas de investigación del Instituto Alexander von Humboldt que hicieron parte de este proyecto, por su contribución e interés en las diferentes etapas. En especial un reconocimiento merecido a Sonia Sua y Edersson Cabrera por la elaboración del mapa de ecosistemas y a Carol Franco por la edición cartográfica. A Néstor Ricardo Bernal por desarrollar y conceptualizar el tema de autocorrelación espacial para el análisis de asociaciones entre variables. A Mauricio Álvarez, Adriana Prieto, Astrid Pulido, Ingrid Quintero, María Angela Echeverry, Sergio Córdoba, Fernando Forero, Socorro Sierra, Elvia González, Aura Robles, Sandra Medina y José Agustín López del GEMA, quienes participaron en la toma, organización y análisis de la información biológica. A Ángela Casas por proporcionar información del área de Iguaque; Ana María Franco y Carolina Barrera por su participación en el análisis del indicador de especies amenazadas y análisis de prioridades respectivamente, Claudia María Villa por la edición y Carolina Norato por la diagramación del documento.

Igualmente queremos reconocer el estímulo y apoyo constante por parte de Fernando Gast, director general del Instituto y María del Pilar Pardo coordinadora nacional del Proyecto «Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en los Andes Colombianos» y a Néstor Ortiz, coordinador de la línea del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad por sus aportes en la revisión técnica del documento.

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt viene trabajando en expandir la base del conocimiento sobre la biodiversidad del país, a través del análisis multidisciplinario de la información producto de la investigación de sus diferentes programas y líneas con el ánimo de abordar de manera más sistémica el análisis de la biodiversidad y sus factores asociados. En el marco de las actividades que se llevan a cabo en el proyecto «Conservación y uso sostenible de la biodiversidad en los Andes colombianos», está contemplado el estudio de zonas piloto en los Andes colombianos. Entre otras, una de las áreas seleccionadas para adelantar estudios más específicos y detallados es la correspondiente al corredor nororiental de robles Guantá-Iguaque.

Los Andes tropicales son considerados la ecorregión terrestre con mayor prioridad de conservación mundial, por ser reconocidos como uno de los principales centros de riqueza, diversidad y especiación de especies del planeta (Churchill *et al.* 1995, Mittermeier *et al.* 1999). Dentro de esta ecorregión, los bosques montanos de la cordillera Oriental colombiana se destacan como una de las regiones importantes para adelantar acciones tendientes a su conservación y manejo, debido a las fuertes presiones de origen antrópico a que están siendo sometidos principalmente por la ampliación de la frontera agropecuaria (Armenteras *et al.* 2003, Galindo *et al.* 2003) afectando ecosistemas andinos, altoandinos, paramunos y secos.

Datos recientes provenientes del mapa de ecosistemas de los Andes colombianos (IAvH, 2004a), indican una extensión actual de cerca de 3'735.000 ha de bosques andinos y altoandinos remanentes, de los cuales 1'640.000 ha se distribuyen en la cordillera Oriental, ocupando un 5,7% de los ecosistemas naturales presentes en los Andes. Pese a esta cifra Henderson *et al.* 1991, mencionan que en Colombia queda menos del 10% de los bosques andinos originales. Para los ecosistemas de páramo de la cordillera Oriental se encuentran aproximadamente 823.302 ha, y para los ecosistemas secos andinos un total de 33.897 ha, es decir un 2,86% y 0.12% respectivamente de los ecosistemas naturales de los Andes colombianos.

El corredor nororiental de robles (Guantá-Iguaque) ubicado en los departamentos de Boyacá y Santander, es uno de los sectores más representativos de la cordillera Oriental ya que es considerado como un área prioritaria para la conservación (Armenteras *et al.* 2003), debido entre otros aspectos a que los relictos boscosos que lo conforman se constituyen en hábitats reconocidos para muchas especies, entre ellas el roble (*Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa*) y *Zamia encephalartoides*, especie endémica del cañón del Chicamocha y que algunos de los ecosistemas que hacen parte de él poseen un alto grado de endemismo y se encuentran degradados.

El conocimiento de la región es bajo en términos de diversidad de especies y comunidades y adicionalmente la zona del corredor entre Iguaque, Fonce y Guanentá presenta un alto grado de fragmentación de los ecosistemas (Armenteras *et al.* 2003) y amenaza por las diversas presiones antrópicas ejercidas, haciéndose indispensable establecer prioridades y estrategias de manejo y conservación de los recursos existentes.

Como una forma de abordar los instrumentos necesarios para el establecimiento de prioridades de conservación, el entendimiento básico de las particularidades de una región es un componente esencial del futuro comportamiento y manejo de ella. Un fenómeno evidente actualmente en el manejo de los recursos naturales y particularmente de la biodiversidad es la puesta en marcha de diferentes iniciativas alrededor de la conservación de áreas geográficamente importantes desde el punto de vista de sus recursos biológicos y la conectividad del paisaje.

Iniciar y establecer una estrategia de manejo de la biodiversidad a largo plazo requiere una base sólida encaminada inicialmente a determinar el estado, las presiones y las tendencias en el patrón de los ecosistemas con el objeto de orientar la definición de políticas de acciones de respuesta a problemas macro que este proceso logre identificar. El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt ha venido trabajando en el diseño y aplicación de un Sistema de Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política Nacional de Biodiversidad (Sarmiento *et al.* 2000, Rudas *et al.* 2002, Ortiz *et al.* 2004). Como estrategia de implementación se optó por desarrollos regionales, que han llevado a resultados para áreas piloto de los Andes (Rincón *et al.* 2004), la Amazonia (Romero *et al.* 2004) y la Orinoquia colombiana (Rudas 2003).

Los resultados que a continuación se presentan, se enfocan al área del corredor nororiental de robles. Se espera que sirvan de base para consolidar la implementación de la Política de Biodiversidad a escalas regionales a través del análisis de indicadores de seguimiento de la política general e indicadores de evaluación de la gestión y del impacto de futuras acciones de respuesta. Finalmente, esperamos que este documento sea un insumo no sólo para monitorear los avances de los objetivos de la Política de Biodiversidad sino también para apoyar la implementación de distintos instrumentos de política con el fin ejecutar acciones de conservación.

El documento está organizado en tres partes. La primera comprende los aspectos relacionados con los indicadores de la política de biodiversidad; la segunda presenta el análisis de asociaciones entre variables económicas, sociales, demográficas y referentes al estado de la biodiversidad, y la última parte desarrolla el tema de prioridades de conservación en el área de estudio. Cada parte está compuesta por las bases conceptuales, el desarrollo metodológico y los resultados alcanzados. Finalmente se incluyen tres anexos que contienen: i) leyenda del mapa de ecosistemas, ii) listado de especies de aves y iii) listado de especies de plantas de las familias Melastomataceae y Rubiaceae registradas para el área de estudio.

## ÁREA DE ESTUDIO

El corredor nororiental de robles Guantá-Iguaque, se localiza en la cordillera Oriental, en los departamentos de Boyacá y Santander y comprende 33 municipios que abarcan una extensión de 703.954 ha, correspondientes al 2.45% de los Andes colombianos. El límite norte del área de estudio corresponde al río Chicamocha y las estribaciones de la cuchilla Cruz de Piedra, el sur a los enclaves secos de los municipios de Villa de Leyva y Chíquiza, al este el río Chicamocha y al oeste el río Suárez (Figura 1).

Altitudinalmente la zona se distribuye entre los 600 y 3.500 msnm y contiene ecosistemas de bosques secos, subandinos, andinos, altoandinos y páramos. La franja de vegetación andina es la de mayor cobertura en el corredor, la cual se extiende de norte a sur ocupando los municipios de San Joaquín, Onzaga, Coromoro, Encino, Charalá, Gámbita (departamento de Santander) y Tutasá, Belén, Duitama, Paipa, Sotaquirá, Arcabuco, Chíquiza, Villa de Leyva (departamento de Boyacá). Se destacan las formaciones de páramos conocidas en la región como el cinturón paramuno de La Rusia-Guativa e Iguaque.

Climáticamente el área se caracteriza por el contraste en los valores de la precipitación, desde zonas muy secas con alrededor de los 700 mm año en los extremos norte y sur del corredor, y enclaves bastante húmedos que superan los 3.000 mm año como son la región del Encino y norte de Iguaque. Fisiográficamente hay dominancia de relieves quebrados en su mayor parte formados por montañas estructurales con valles profundos. Dentro de las fuentes hídricas se en-

cuentran los ríos Guillermo, Negro, La Rusia, Onzaga, Curití y Virolín y los afluentes de los ríos Chicamocha y Mogotes, los cuales forman parte de la gran cuenca del río Magdalena.

Hacen parte del área los santuarios de flora y fauna de Iguaque y Guantá- Alto Río Fonce, así como algunas áreas dedicadas a iniciativas importantes de conservación privada entre las que sobresale la Reserva Natural Cachalú (Santander) y Rogitama Biodiversidad (Boyacá).



Figura 1. Localización del área de estudio

INDICADORES DE SEGUIMIENTO DE LA POLÍTICA DE BIODIVERSIDAD







Los indicadores de seguimiento de la Política de Biodiversidad expresan cuantitativamente manifestaciones relevantes del estado de la biodiversidad en un momento determinado, de las presiones ejercidas por la actividad humana y del avance de las acciones institucionales orientadas a cambiar el estado de la biodiversidad y las presiones sobre ella. Se denominan indicadores simples, puesto que se circunscriben a describir la situación respectiva, sin emitir juicios de valor sobre la misma (Rudas *et al.* 2002, Ortiz *et al.* 2004).

En este sentido, un sistema de indicadores de seguimiento se constituye en un insumo básico de información, que puede ser interpretado de manera diferenciada para cada necesidad de información dependiendo de sus particulares expectativas analíticas

(Rudas *et al.* 2002). En el presente escrito no se desarrollarán en profundidad los aspectos conceptuales ni metodológicos sobre los indicadores de seguimiento, pues estos ya han sido documentados previamente por Rudas *et al.* 2002 y Ortiz *et al.* 2004.

Los indicadores de seguimiento aquí trabajados se abordaron desde dos ámbitos: municipal y por bioma (conjunto de ecosistemas afines por sus características estructurales y funcionales que hacen parte de un contexto geográfico determinado) (Rodríguez *et al.* 2004). De acuerdo con la información disponible, se estimó un conjunto de indicadores que junto con la información biológica existente para la zona, sirvieron de referencia para proponer pautas de conservación a través de la identificación de zonas prioritarias para su manejo.

## 1.1 Metodología

A continuación se exponen los elementos metodológicos mínimos para entender el cálculo y análisis de los indicadores que se presentan a lo largo del documento. No obstante y como se mencionaba anteriormente, el detalle conceptual y metodológico se encuentra ampliamente expuesto en otras publicaciones (Rudas *et al.* 2002 y Ortiz *et al.* 2004).

### Indicador de superficie de los ecosistemas

La superficie de los ecosistemas en un área de interés, es uno de los indicadores de estado de los ecosistemas que se trabajan en el Instituto Humboldt y en el Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de biodiversidad (Rudas *et al.* 2002; Romero *et al.* 2004, Rincón *et al.* 2004). Su medición se hizo con base en los resultados obtenidos del mapa de ecosistemas del corredor nororiental de robles para los años 1987 y 2002 escala 1:250.000, el cual se elaboró siguiendo la metodología emplea-

da por el Instituto Humboldt (Rodríguez *et al.* 2004) para la definición y delimitación de ecosistemas y tomando como base el mapa de ecosistemas de los Andes colombianos del 2000 (IAvH 2004a). En términos generales los análisis de superficie de ecosistemas se efectuaron por bioma y municipio.

### Indicador de cambio en la superficie de los ecosistemas

El cambio en la superficie de un ecosistema es la proporción o el área de superficie remanente que se pierde o gana cada año teniendo en cuenta el desarrollo de diferentes actividades humanas en un intervalo de tiempo analizado. Los cambios de superficie en los ecosistemas reflejan la pérdida de hábitat para determinado organismo y su tasa de cambio permite analizar el ritmo de cambio que se puede estar presentando por unidad de tiempo.

Este indicador se calculó con base en los resultados obtenidos de los mapas de ecosistemas (1987 y 2002), determinando la tasa media de crecimiento anual (TCA) y el cambio porcentual (CP) entre 1987-2002 de la superficie correspondiente a los ecosistemas naturales presentes en cada tipo de bioma y municipio. Para estimar la tasa media de crecimiento anual se trabajó bajo el supuesto de un modelo de crecimiento exponencial.

### Indicador de riqueza de ecosistemas

La diversidad de los ecosistemas dentro de los niveles jerárquicos del estudio de la biodiversidad es considerada como la más difícil de abordar debido a la complejidad misma que encierra el concepto de ecosistema. Una de las formas de evaluar este indicador es en términos de distribución y riqueza de los tipos de ecosistemas presentes en una región, medidas que reflejan su heterogeneidad espacial y pueden asociarse a indicadores de alta riqueza de especies.

Se utilizó el término de riqueza expresado como el número de ecosistemas y biomas contenidos en determinada área de interés, en este caso el municipio; esta medida ha sido utilizada en investigaciones aplicadas en el Instituto Humboldt a través del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad (Rudas *et al.* 2002, Romero *et al.* 2004, Rincón *et al.* 2004)

### Indicador de fragmentación de los ecosistemas naturales

La deforestación y fragmentación de los ecosistemas han sido reconocidas como unas de las principales causas de pérdida de la biodiversidad (Saunders *et al.* 1991, Noss 1990), incidiendo en las condiciones microclimáticas de los fragmentos, la abundancia y vulnerabilidad de algunas especies y sus interacciones biológicas entre otros, factores que afectan la reducción del hábitat para las especies y la biodiversidad existente en un ecosistema (O'Neill *et al.* 1994, Gascon *et al.* 1999, Turner *et al.* 2001).

En el análisis de fragmentación de biomas y municipios se tomó como referencia la información concerniente a los ecosistemas naturales identificados en los mapas de ecosistemas. Los índices trabajados están relacionados con los siguientes aspectos: área, densidad y tamaño de los fragmentos, forma de los fragmentos y arreglo espacial para un total de 19 índices que reflejan la composición y estructura de los ecosistemas. Para el ámbito municipal se trabajaron dos índices adicionales referentes a diversidad (Tabla 1). La medición de estos índices se hizo usando el software Fragstats versión 3.3 y la descripción de las hojas metodológicas para su cálculo e interpretación se encuentran en McGarigal y Marks 1995 y Rudas *et al.* 2002.

Tabla 1. Listado de los índices de fragmentación de ecosistemas naturales

ÍNDICE	SÍMBOLO	ÍNDICE	SÍMBOLO
Número de parches	NP (#)	Coefficiente de variación de la dimensión fractal	FRAC_CV
Densidad de parches	PD (#/100 ha)	Distancia media del vecino más cercano	ENN (m)
Índice del parche más largo	LPI (%)	Desviación estándar del vecino más cercano	ENN_SD (m)
Tamaño medio del parche	MPS (ha)	Coefficiente de variación del vecino más cercano	ENN_CV (%)
Desviación estándar del tamaño del parche	PSSD (ha)	Índice de cohesión del parche	COHES
Coefficiente de variación del tamaño del parche	PSCV (%)	Índice de agregación	AI (%)
Índice de forma	SHAPE	Índice de contagio	CONTAG (%)
Desviación estándar del índice de forma	SHAPE_SD	Índice de conectividad	CONNEC (%)
Coefficiente de variación del índice de forma	SHAPE_CV	Índice de diversidad de Shannon's	SHDI
Dimensión fractal	FRAC	Índice de diversidad de Simpson's	SIDI
Desviación estándar de la dimensión fractal	FRAC_SD		

A partir de los resultados obtenidos se procedió a realizar un análisis estadístico descriptivo usando SPSS con el fin de observar la variabilidad de los índices; adicionalmente se efectuó un análisis de componentes principales (ACP) mediante Spand para evaluar la correlación entre variables y reducir el grado de redundancia de las métricas usadas así como seleccionar los índices que pueden estar explicando de manera más significativa el proceso de fragmentación en la región.

### Indicadores de diversidad de especies

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) a través del Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental GEMA, ha efectuado inventarios biológicos en el área de estudio con un énfasis particular en los siguientes grupos biológicos:

aves, escarabajos coprófagos, mariposas diurnas, plantas de las familias Rubiaceae y Melastomataceae y plantas leñosas. Estos inventarios siguen las técnicas estandarizadas descritas en Villareal *et al.* (2004).

Los datos fueron colectados en 15 localidades que cubren siete municipios de los 33 que abarcan el área de estudio (Tabla 2), concentrándose en los ecosistemas de bosque subandino, andino y altoandino, entre los 1.750-3.200 m de altitud. Once de los sitios con información presentan bosques dominados o con presencia de roble (*Quercus humboldtii*), una localidad con bosque dominado por roble negro (*Colombobalanus excelsa*) y cuatro localidades con bosque mixtos en donde no existe una especie plenamente dominante. Ninguno de los sitios con información cubre ecosistemas secos o de páramo.

Tabla 2. Localización de inventarios biológicos en el área del corredor nororiental de robles

LOCALIDAD	MUNICIPIO	ALTITUD MSNM	COORDENADAS	GRUPOS INVENTARIADOS
RN Cachalú	Encino	2000	6°9'54"N - 73°8'15"W	Aves, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
Costilla del Fara - SFF Guanentá-Alto río Fonce	Charalá	1750	6°6'19"N - 73°13'20"W	Aves, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
La Sierra- SFF Guanentá-Alto río Fonce*	Charalá	2500	6°03'N - 73°16'W	Plantas leñosas
Chontales Bajos- SFF Guanentá-Alto río Fonce*	Encino	2800	6°02'N - 73°10'W	Plantas leñosas
Chontales Alto- SFF Guanentá-Alto río Fonce*	Encino	3000	6°02'N - 73°10'W	Plantas leñosas
El Venado- SFF Guanentá-Alto río Fonce*	Duitama	3100	6°01'N - 73°18'W	Plantas leñosas
Cañón del río Pomeca	Moniquirá	2400	5°48'80"N - 73°28'97"W	Plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
Arcabuco	Arcabuco	2850	5°43'47,1"N - 73°27'46"W	Plantas leñosas
La Colorada	Arcabuco	2700	5°43'47,1"N - 73°27'46"W	Aves, escarabajos coprófagos, mariposas, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
Carrizal 1	Villa de Leyva	2700-3200	5°41'18"N - 73°27'4"W	Aves, escarabajos coprófagos, mariposas, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
Carrizal 2	Villa de Leyva	2700-3200	5°41'18"N - 73°27'4"W	Escarabajos coprófagos, mariposas, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
Morro Negro	Villa de Leyva	3230	5°38'22"N - 73°29'14"W	Aves, escarabajos coprófagos, mariposas, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
La Chorrera 1	Villa de Leyva	2650	5°41'40"N - 73°28'52"W	Aves, escarabajos coprófagos, mariposas, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
La Chorrera 2	Villa de Leyva	2600	5°41'46,1"N - 73°28'41,2"W	Aves, escarabajos coprófagos, mariposas, plantas leñosas, Rubiaceae y Melastomataceae
San Pedro de Iguaque	Chíquiza	2850	5°39'47,2"N - 73°26'25,5"W	Plantas leñosas

\* Datos tomado de Galindo *et al.* 2003

Con la información compilada se determinó la riqueza (número de especies por punto de muestreo), la abundancia (número de individuos por punto de muestreo) y en aquellos grupos con listas unificadas (aves, rubiáceas y melastomatáceas) se calculó el índice de complementariedad propuesto por Colwell y Coddington 1994. Este índice es una medida del recambio de especies entre dos puntos muestreados, que toma valores de 0 cuando las dos localidades comparadas comparten la totalidad de las especies y por ende no se complementan en absoluto y valores iguales a 1 cuando no se comparten especies y por ende los sitios se complementan en su totalidad. Adicionalmente se establecieron algunos registros de especies y géneros considerados de importancia ya sea taxonómica, geográfica o para la conservación.

### Indicador comparativo de especies amenazadas y casi amenazadas

El objetivo de este indicador es conocer el número de las especies amenazadas en una zona o región determinada, con respecto al número de especies amenazadas en el país, posibilitando la evaluación de una región con las diferentes categorías de amenaza

para un grupo taxonómico determinado. Por ejemplo el número de especies de aves en la categoría de críticamente amenazado en la región del corredor nororiental de robles vs. el número de aves en esta categoría en el país.

Las aves fueron escogidas como grupo biológico para la estimación de este indicador, debido a que son uno de los grupos más representativos, de amplia distribución en todas las zonas del mundo y con mayor conocimiento en relación a taxonomía y registros documentados en Colombia.

La estimación de este indicador tiene como base la información sobre registros y distribución de las especies amenazadas en Colombia, que se encuentran registrados en el compendio ornitológico (Álvarez *et al.* 2000) y el libro rojo de aves de Colombia, el cual define categorías para aves de Colombia siguiendo las categorías de la UICN (2001), presentadas en la Tabla 3 (Renjifo *et al.* 2002). Para este indicador se compararon el número de especies de aves en las categorías de CR, EN y VU y NT dentro de la región con el número de especies de aves en esas categorías en Colombia.

Tabla 3. Resumen de categorías de la UICN para la definición del grado de amenaza de las especies

EN PELIGRO CRÍTICO (CR)	un taxón está en peligro crítico cuando enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en un futuro inmediato.
EN PELIGRO (EN)	un taxón está en peligro cuando no está en peligro crítico pero está enfrentando un alto riesgo de extinción o deterioro poblacional en estado silvestre en un futuro cercano.
VULNERABLE (VU)	un taxón está en la categoría de vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que enfrenta un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo.
CASI AMENAZADO (NT)	un taxón está en la categoría de «Casi Amenazado», cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface los criterios para las categorías anteriores; pero está cercano a calificar como «Vulnerable», o podría entrar en dicha categoría de amenaza en un futuro cercano.
PREOCUPACIÓN MENOR (LC)	taxones que ha sido evaluado, y no califica para ninguna de las categorías anteriores.
DATOS INSUFICIENTES (DD)	cuando la información es inadecuada para hacer una evaluación directa o indirecta, de su riesgo de extinción en base a la distribución o condición de la población. Datos deficientes no es una categoría de amenaza, solamente indica que se requiere mayor conocimiento e información para poder realizar una categorización adecuada.

### Indicador del estado de salud del hábitat

El grupo de las aves ha sido utilizado para la definición de áreas de conservación y para la evaluación de la calidad del hábitat (Stotz *et al.* 1996, Villarreal *et al.* 2004). El análisis de datos sobre la composición de especies de acuerdo con algunos criterios propuestos por Stotz *et al.* (1996) tales como la presencia de especies restringidas a un hábitat, sensibles a las perturbaciones antrópicas, de distribución restringida y amenazadas o con prioridades de conservación, puede ser un indicador del estado de salud del hábitat.

Las localidades que presentes el mayor número y concentración de estas especies se consideran como las localidades en mejores condiciones o estado de conservación. Si estos valores tienden a aumentar se podría afirmar que el hábitat o hábitats han incrementado su complejidad y posiblemente se están manteniendo y mejorado los procesos ecológicos.

### Indicador de declaración de áreas protegidas

Se refiere al porcentaje de áreas de manejo especial dedicadas a la conservación dentro de una región de análisis. Este indicador se basa en la información extraída del mapa del Sistema de Parques Naturales Nacionales de Colombia del año 2002 a escala 1:100.000.

### Indicador de representatividad de ecosistemas en las áreas protegidas

La representatividad es uno de los criterios más empleados en los últimos años para la evaluación de sistemas de reservas y para la determinación de prioridades de conservación (Awimbo *et al.* 1996). El análisis de representatividad ecosistémica de las áreas protegidas de la zona, se realizó bajo los lineamientos propuestos

por el IAvH, que identifica los principales tipos de ecosistemas remanentes de una zona de interés, y su representatividad en las áreas protegidas existentes (Armenteras y Morales 2003). En este estudio el análisis contempló las áreas pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales, y las áreas protegidas de orden regional, particularmente las pertenecientes a la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (ARCRNSC).

La representatividad se entiende como el porcentaje del área del ecosistema natural que se encuentra bajo alguna categoría de protección sobre la superficie total del ecosistema en una determinada región analizada. Dicho resultado se compara con una meta deseable. Para efectos de este estudio, el análisis se efectuó por biomas y se presentan tres escenarios con la meta del 10%, 20% y 30% del bioma bajo alguna categoría de protección.

### Indicadores de estado de la población

Se trabajaron varios indicadores asociados al estado de la población humana, los cuales han sido elaborados principalmente por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) (basados en estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE) y adaptados para el análisis de seguimiento a la Política Nacional de Biodiversidad (Rudas *et al.* 2003, Ortiz *et al.* 2004). Los indicadores utilizados corresponden al índice de calidad de vida (ICV), índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) y a la tasa municipal de analfabetismo de la población.

El índice de calidad de vida (ICV), es un índice que combina en una sola medida, cuatro subconjuntos o factores: un factor de potencial físico, que toma como indicador las características de la vivienda; el segundo, potencial de acceso a servicios básicos de la vivienda; el tercero, de capital humano y su potencial frente

al mercado de trabajo y, finalmente, un cuarto factor de composición de la familia. Sus valores se encuentran de 0 a 100, siendo 0 el más bajo nivel de calidad de vida y 100 el más alto. Se analizaron los datos del año 1993.

El índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) expresa el porcentaje de población que no ha cubierto al menos una de las cinco necesidades definidas como básicas: vivienda inadecuada, servicios inadecuados, hacinamiento crítico, ausentismo escolar y alta dependencia económica.

### **Indicadores de defunciones según principales causas**

Representa el número de defunciones en todas las edades de los municipios, según principales causas de muerte, por 100 defunciones en el total, en un determinado año. La agrupación de causas trabajada en esta investigación fue porcentaje de defunciones por violencia y por enfermedades de los aparatos respiratorio y digestivo en el año 1993 basado en información del Departamento Nacional de Planeación (DNP).

### **Indicadores de presión demográfica**

Los indicadores utilizados en el presente análisis son: tamaño de la población, crecimiento de la población, densidad de población rural y porcentaje de población rural y urbana.

La población tomada fue la registrada en los censos de 1951 por la Contraloría General de la República (CGR) y en los censos de 1964, 1973, 1985 y 1993 por el DANE, también se tomaron las proyecciones del DANE para los años 1995-2000.

### **Indicadores de presión económica**

El comportamiento de la actividad económica refleja una situación de presión sobre la biodiversidad en dos direcciones básicas: por el uso de bienes y servicios ecosistémicos como parte de la actividad productiva propiamente dicha; y por la tendencia a ocupar áreas con vegetación natural cuando se dan procesos de expansión de diversas actividades económicas (Rincón *et al.* 2004).

Los indicadores estimados se refieren a la actividad y al ingreso de los pobladores de los municipios del corredor nororiental de robles. Se trabajaron cuatro indicadores: actividad económica total, actividad económica *per capita*, porcentaje de área con predominancia en pastos (agroecosistemas ganaderos) y porcentaje de área con predominancia en cultivos.

Para el caso del indicador de actividad económica total, se empleó una estimación a partir del recaudo de impuestos municipales como ponderador para distribuir el valor agregado departamental. Este indicador se basa en los datos de valor agregado departamental y los datos referentes a recaudo de impuestos municipales dados por el DANE para los años 1990-2000.

### **Índice de escasez hídrica**

Este índice expresa la relación porcentual entre la demanda de agua, ejercida por las actividades sociales y económicas en su conjunto para su uso y aprovechamiento, y la oferta hídrica disponible (neta). El índice se calcula por municipio para años medio y seco por el parte del Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos (IDEAM).

## Interpretación de resultados

Para permitir una lectura ágil de los resultados obtenidos, estos se clasifican en cinco categorías utilizando la metodología de los percentiles<sup>1</sup>. El procedimiento consiste en conformar clases de los indicadores empleados por municipio o unidad de análisis estimando los percentiles 20, 40, 60, 80. Por ejemplo, el percentil 20 ( $P_{20}$ ), indica que el 20% de las observaciones (municipios o biomas) son menores o iguales a dicho valor.

Las clases definidas se presentan en la Tabla 4. En general, el color verde indica un valor alto de una variable potencialmente positiva o un valor bajo de una variable potencialmente negativa sobre la biodiversidad; por ejemplo, altos niveles en la superficie de ecosistemas naturales o bajos niveles de actividad económica. Por el contrario, el color rojo señala valores bajos de un indicador potencialmente positivo o altos registros de una variable potencialmente negativa. De esta manera, el lector podrá fácilmente ubicar los municipios o unidades de análisis con valores altos y bajos.

Tabla 4. Categorías de clasificación para la interpretación de los indicadores

CLASE	RANGO DEL INDICADOR	CATEGORÍA	ASIGNACIÓN
1	Valores del indicadores menores o iguales a $P_{20}$	Bajo	
2	Valores del indicador entre $P_{20}$ y $P_{40}$	Medio bajo	
3	Valores del indicador entre $P_{40}$ y $P_{60}$	Medio	
4	Valores del indicador entre $P_{60}$ y $P_{80}$	Medio alto	
5	Valores del indicador estrictamente mayores que $P_{80}$	Alto	

## 1.2 Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados derivados de los análisis y cálculos de los indicadores descritos en la sección anterior.

### Indicador de superficie de los ecosistemas

En el año 2002, los ecosistemas naturales ocupan un 27,28% de la extensión del área de estudio, el restante 72,72% corresponde a ecosistemas transformados localizados principalmente en la zonas subandina y andina. El orobioma andino contienen

el mayor porcentaje en área de ecosistemas naturales (15,25%), seguido del orobioma de páramos (4,71%) y el orobioma azonal subandino (2,33%) (Tabla 5).

Se identificaron siete tipos de bioma, que corresponden a cuatro *orobiomas del zonobioma húmedo tropical* (subandino, andino, altoandino y páramo), dos a *orobioma azonales del zonobioma húmedo tropical* (subandino, cañón del Chicamocha y andino, altiplano cundiboyacense) y uno al *zonobioma alternohígrico o subxerofítico tropical* (cañón del Chicamocha) (Figura 2).

<sup>1</sup> Este método no tiene en cuenta la estructura de autocorrelación espacial del indicador analizado.



Tabla 5. Superficie (ha) de los biomas del corredor nororiental de robles, años 1987 y 2002

CATEGORÍA DE BIOMA	AÑO 1987		AÑO 2002	
	Área	%	Área	%
O. subandino	10.195	1,45	9.732	1,38
O. andino	113.968	16,19	107.356	15,25
O. altoandino	5.605	0,80	5.513	0,78
O. subparamo	12.643	1,80	10.982	1,56
O. de páramo	34.231	4,86	33.191	4,71
O. azonal subandino	16.724	2,38	16.429	2,33
O. azonal andino	7.179	1,02	6.927	0,98
Z. alternohigrico	2.061	0,29	1.932	0,27
E. transformados	501.348	71,22	511.893	72,72
Total	703.954	100	703.954	100

Los ecosistemas boscosos que conforman el orobioma subandino están ubicados al este del área de estudio, en límites entre los municipios de Charalá y Oiba con la presencia de fragmentos más o menos continuos y en los municipios de Charalá, Coromoro, Suaita y Gámbita con fragmentos boscosos muy dispersos. En este orobioma el ecosistema de mayor superficie corresponde a bosques medios semidensos muy húmedos localizados en montaña estructurales erosionales en rocas de grano mixto (20mh-ME13) que ocupan cerca de 8.300 ha.

El orobioma andino se distribuye en cuatro grandes bloques; el mayor de todos ocupa una franja continua en los municipios de Mogotes, Coromoro, Encino, Charalá y Gámbita (zona central del área de estudio) y hacen parte de él los bosques localizados sobre las cuchillas de San José, La Ovejera, San Antonio, El Saque, La Cabuya, Morro del Perro y La Vieja entre otras, ubicadas entre los 2.800 y 3.200 msnm. Las restantes áreas ocupadas por este orobioma se localizan en los municipios de Chitaraque, Toguí, Moniquirá, Arcabuco, Villa de Leyva, Gámbita, Cómbita y Paipa y al noreste del área de estudio en San Joaquín y Onzaga, con algunos fragmentos dispersos en los límites entre Moniquirá y Gámbita.

Los ecosistemas de mayor extensión son los bosques medios densos muy húmedos en crestas y crestones en montañas estructurales erosionales con rocas de grano mixto (24mh-ME13) con cerca de 33.500 has, seguido de bosques medios densos muy húmedos en filas y vigas en montañas estructurales erosionales (24mh-ME14) y bosques medios muy húmedos densos en crestas y crestones en montañas estructurales erosionales en rocas de grano grueso (24mh-ME11) con 27.053 y 26.174 ha respectivamente. Continuo a la franja del orobioma andino, se encuentra el orobioma altoandino, el cual se distribuye principalmente en los municipios de Coromoro, sur de Encino y noroeste de Gambita y de manera dispersa en el municipio de Onzaga.

El orobioma de páramo se distribuye en tres sectores: el mayor de ellos ocupa los municipios de Onzaga, Coromoro, Encino, Duitama y Santa Rosa de Viterbo y comprende los páramos de Las Alfombras, de Guata, Carnicerías de Sianoga y algunos cerros como Pantanohondo, pico La Laguna, morro El Viejo y alto El Miradero. Otro sector importante lo constituye el complejo paramuno asociado al Santuario de Flora y Fauna de Iguaque (municipios de Villa de Leyva, Arcabuco, Chíquiza, Cómbita, Sotaquirá y Gámbita) y finalmente el sector correspondiente a los



municipios de Sativasur, Sativanorte y Soatá, el cual presenta fragmentos más dispersos. El ecosistema que ocupa mayor extensión es el páramo húmedo en filas y vigas en montaña estructurales erosionales (36h-ME14) con aproximadamente 29.142 ha.

Respecto al zonobioma alternohígrico o subxerofítico tropical (ZAST), su localización se restringe al norte del área de estudio, en los límites de los municipios de Mogotes y Curití con el río Chicamocha, ocupando una franja angosta a lo largo del río.

Este bioma es el más alterado de la zona de estudio y su identificación y separación es muy compleja debido a la similitud de respuesta espectral entre áreas intervenidas y áreas con ecosistemas muy secos.

El orobioma azonal subandino del cañon del río Chicamocha se extiende paralelo al zonobioma alternohígrico o subxerofítico tropical (ZAST) ocupando los sectores secos de los municipios de Curití, Mogotes, Soatá y Covarachía y puntualmente se presentan algunos fragmentos en Onzaga y San Joaquín. El orobioma azonal andino del altiplano cundiboyacense se restringe a dos sectores del corredor: el primero y de mayor extensión ocupa la zona sur entre Villa de Leyva y Sáchica y el segundo en el límite este de los municipios de Sativasur y Sativanorte. Al igual que el ZAST estos orobiomas están muy degradados.

Finalmente, los ecosistemas de amplia distribución a lo largo del área son el páramo muy húmedo en filas y vigas en montaña estructurales erosionales (36mh-ME14) y los bosques andino muy húmedo en filas y vigas y crestas y crestones en montañas estructurales erosionales con materiales de grano mixto (24mh-ME14 y 24mh-ME13). Los ecosistemas con mayor restricción a un área o municipio específico son el subpáramo seco en montañas estructurales erosionales en rocas de grano grueso (36s-ME11) y los arbustales y la vegetación xerofítica en lomas y colinas y en

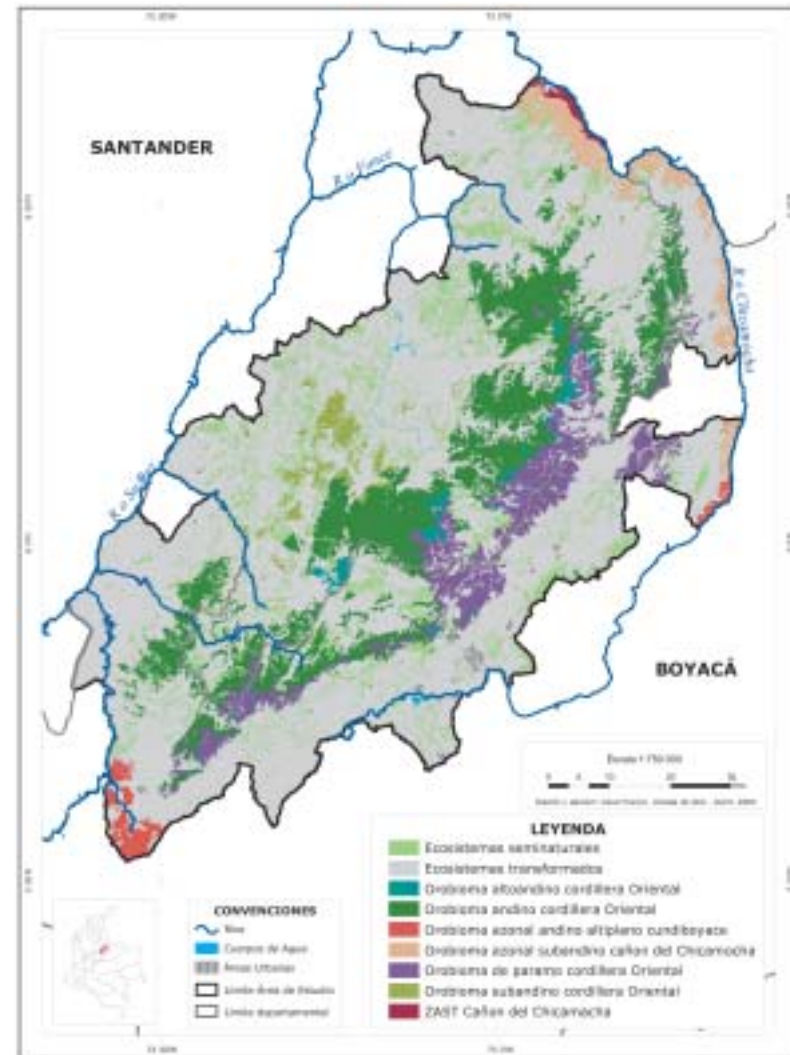


Figura 2. Distribución espacial de los biomas para el año 2002

crestas y crestones en montañas estructurales y erosionales con materiales de grano grueso (46ms-ME19 y 47ms-ME11).

De acuerdo con el mapa de ecosistemas del año 2002, el mayor porcentaje de ecosistemas naturales se encuentra en Sáchica (61.4%) y corresponde a orobiomas azonales andinos del altiplano cundiboyacense, los cuales presentan alto estado de intervención y deterioro en la región. Onzaga, Encino y Coromoro tienen porcentajes superiores al 40; Gachantiva, Suaita, Oiba, Cerinza, Monquirá, Cómbita, Paipa y San Joaquín poseen porcentajes inferiores a 15. Los restantes municipios a excepción de San José de Pare y Ocamonte (que no poseen ecosistemas en buen estado) tienen porcentajes de ecosistemas naturales entre 15 y 40.

La Figura 3 presenta el porcentaje de ecosistemas naturales a nivel de municipio en el año 2002 y el Anexo 1. contiene la leyenda del mapa de ecosistemas para el área de estudio.

Los ecosistemas transformados están representados principalmente por una matriz con predominancia en pastos (EP) con 310.800 ha (44,15%); le siguen asociaciones de cultivos (EC) con cerca de 93.000 ha. Los ecosistemas seminaturales representados por una matriz de rastrojos y bosques, rastrojos en diferentes estados sucesionales y bosques secundarios ocupan una superficie de 64.000 ha (9,01%) localizadas principalmente en Onzaga, Mogotes, Curití, Paipa y Cómbita.

En la Figura 4 se presentan los municipios con mayores y menores porcentajes de ecosistemas con predominancia en pastos y cultivos. Se destacan municipios como San José de Pare con un área en ecosistemas con predominancia en pastos cercana al 90% y Moniquira con un 81%. De otro lado Cerinza se destaca con un porcentaje de 49% en ecosistemas con predominancia en cultivos.

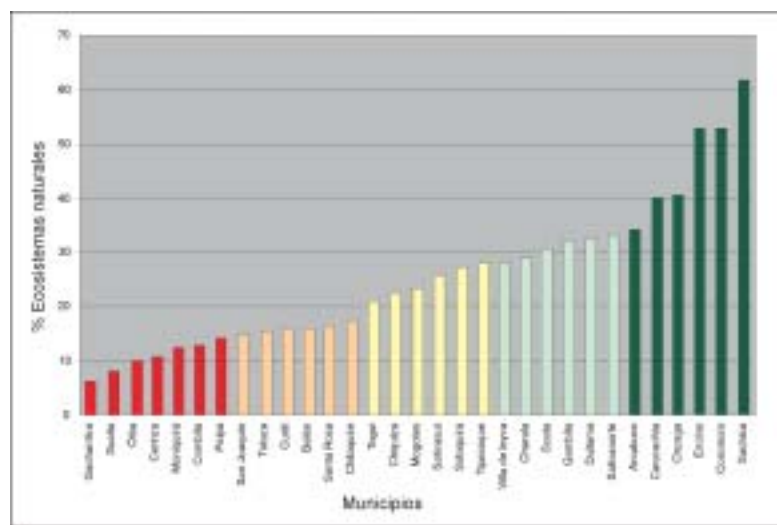


Figura 3. Porcentaje de ecosistemas naturales de los municipios asociados al corredor nororiental de robles, año 2002. Categorías de clasificación: rojo: bajo; naranja: medio bajo; amarillo: medio; verde claro: medio alto; verde oscuro: alto

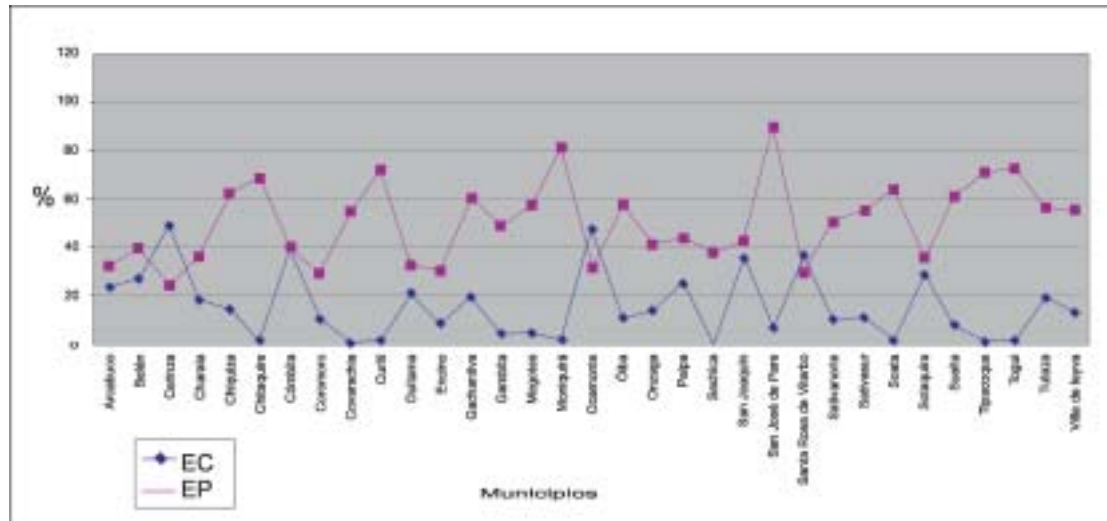


Figura 4. Porcentaje de área en ecosistemas con predominancia en pastos y cultivos

### Indicador de cambio en la superficie de los ecosistemas

De acuerdo con el análisis multitemporal de los años 1987-2002, la mayor dinámica de cambio en la superficie de los ecosistemas se presenta entre las categorías de cobertura de los ecosistemas transformados y seminaturales, asociado con el incremento de rastrojos y misceláneos con predominancia de rastrojos y la reducción de áreas dedicadas a la agricultura. Cerca de 10.500 ha de ecosistemas naturales han sido reemplazadas generalmente por misceláneos de bosques y rastrojos y en menor proporción por áreas dedicadas a actividades agropecuarias.

Se destaca el incremento de plantaciones forestales de *Pinus* y *Eucalyptus* en las zonas de subpáramo de los municipios de Duitama y Paipa, que registran para el año 2002, cerca de 2.100 ha de este tipo de cobertura. Es importante resaltar para esta misma zona la presencia de arbustales secundarios ocupando

relieves abruptos, los cuales posiblemente sean los sitios menos aptos para establecer plantaciones.

Comparando los datos de superficie de ecosistemas obtenidos de los mapas de 1987 y 2002, se observa que dentro del orobioma de páramo, el subpáramo es el que mayor tasa anual de cambio presenta (-1,08%). En esta franja se evidencia un cambio de cobertura paramuna a coberturas agrícolas y de actividades forestales principalmente en los municipios de Duitama y Encino. Le siguen en magnitud de cambio los orobiomas andino (-0,15%) y subandino (-0,35%) con una pérdida de 6.612 y 463 ha, respectivamente (Tabla 6).

En comparación con estudios realizados en otras regiones del país, como el piedemonte del Putumayo y La Macarena (Rudas *et al.* 2002), estas tasas de cambio en superficie son bajas, evidenciándose que la configuración actual de los ecosistemas es producto del proceso histórico de transformación de la región andina de la cordillera Oriental.

Tabla 6. Tasas de cambio en la superficie de los biomas para el período 1987-2002

BIOMA	TCA (%)	CP (%)
O. subandino	-0,36	-4,54
O. andino	-0,46	-5,80
O. altoandino	-0,13	-1,63
O. subparamo	-1,08	-13,14
O. de páramo	-0,24	-3,04
O. azonal subandino	-0,14	-1,77
O. azonal andino	-0,27	-3,50
Z. alternohígrico	-0,50	-6,28

TCA: tasa media anual; CP: cambio porcentual

Para el ámbito municipal, los resultados indican que en la región se destacan cinco municipios con las menores tasas de cambio de superficie en los ecosistemas naturales: Belén (-0,04%), Cerinza (-0,06%), Sotaquirá (-0,10%), Oiba (-0,15%) y Santa Rosa (-,18%). Vale la pena destacar que cuatro de estos municipios tienen menos del 20% de ecosistemas naturales en su jurisdicción. De los municipios que exhiben las mayores tasas de cambio sólo Duitama y Gámbita contienen más del 32% de ecosistemas naturales (Figura 5).

Se destaca Paipa como el municipio con tasas de pérdida de -1,30% acentuadas sobre orobiomas andinos y especialmente en el ecosistema de bosque muy húmedo en crestas y crestones en montañas estructurales erosionales con materiales de grano grueso (24mh-ME11). La Figura 6 muestra el comportamiento de los cambios ocurridos en los diferentes municipios, cerca del 60% de ellos se ubica en rangos medios de tasas de cambio es decir entre -0,50% y -0,22%.



Figura 5. Distribución de la pérdida de ecosistemas naturales para el período 1987-2002

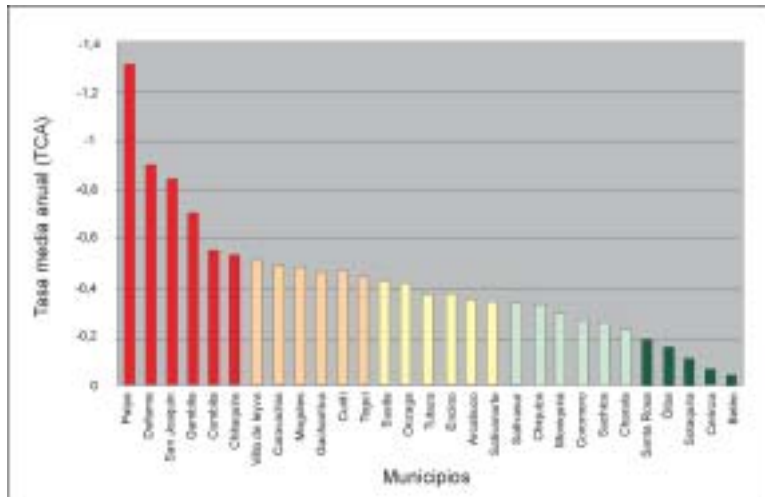


Figura 6. Tasas de cambio en la superficie de los ecosistemas por municipio, años 1987-2002. Categorías de clasificación: rojo: bajo; naranja: medio bajo; amarillo: medio; verde claro: medio alto; verde oscuro: alto

### Indicador de riqueza de ecosistemas

En total se delimitaron 41 tipos de ecosistemas naturales, 13 de los cuales corresponde al *orobioma andino* y *altoandino*, 11 a los *orobiotomas azonales*, 10 al *orobioma de páramo*, 6 al *orobioma subandino* y 1 al *zonobioma alternohigrico o subxerofítico tropical*.

La mayor riqueza de ecosistemas naturales la tienen los municipios de Onzaga y Encino (12), seguidos de Coromoro, Mogotes y Gámbita (10), Villa de Leyva (9) y Sotaquirá, Duitama, Charalá, Arcabuco y Chiquiza con ocho ecosistemas (Tabla 7). Gran parte de estos ecosistemas están relacionados con los orobiotomas andino y de páramos los cuales se presentan en 24 y 20 municipios respectivamente. Los municipios de Ocamonte y San José no contienen ecosistemas naturales en buen estado.

Tabla 7. Número de biomas y ecosistemas naturales por municipio

MUNICIPIO	NB	NEN	MUNICIPIO	NB	NEN
Cerinsa	1	1	Sativanorte	3	5
Oiba	1	1	Soatá	3	6
Gachantiva	1	2	San Joaquín	4	6
Moniquirá	1	2	Paipa	3	6
Sativasur	2	2	Sotaquirá	2	8
Chitaraque	2	3	Duitama	2	8
Covarachía	2	3	Charalá	3	8
Curití	2	3	Arcabuco	3	8
Santa Rosa	1	3	Chiquiza	4	8
Tipacoque	2	3	Villa de Leyva	3	9
Togú	2	3	Coromoro	4	10
Tutaza	1	3	Mogotes	4	10
Belén	2	3	Gámbita	4	10
Sáchica	1	4	Encino	4	12
Suaita	2	4	Onzaga	4	12
Cómbita	1	5			

NB: número de biomas y NEN: número de ecosistemas naturales

Relacionando la riqueza de biomas y ecosistemas con el porcentaje de ecosistemas naturales por municipio, se aprecia que pese a que Sáchica es el municipio con mayor porcentaje, sólo presenta cuatro ecosistemas pertenecientes a los orobiotomas azonales andino y subandino. Esto puede indicar la fuerte incidencia de los factores climáticos como caracterizadores de la riqueza de los ecosistemas que para el caso de Sáchica está asociado a condiciones climáticas muy secas.

### Indicador de fragmentación de ecosistemas naturales

#### -Biomas

Los resultados generales indican que el bioma con mayor dinámica de cambio en su configuración dentro del área es el orobioma andino. De un número de fragmentos (NP) de 205 para 1987



hubo un incremento en un 68% para el 2002, con una reducción en el tamaño medio de 146 ha y con un índice de fragmento mayor (LPI) de 5,7, es decir que un solo fragmento ocupa el 5,7% del total de los fragmentos andinos; este fragmento se ubica en los municipios de Mogotes y Coromoro y tiene una extensión de 11.523 ha. Los municipios con mayor número de fragmentos corresponden a Gámbita y Onzaga con un tamaño medio de los fragmentos (MPS) de 273 y 261 ha, respectivamente. A pesar de los valores anteriores, el orobioma andino contiene en su conjunto los mayores tamaños medios de los fragmentos (MPS), con promedios superiores a 1.000 ha en los municipios de Coromoro y Charalá.

La distancia media al vecino más cercano (ENN) entre fragmentos de orobioma andino es de 266 m, con una distancia máxima de 1,2 km para los fragmentos ubicados en el municipio de Belén (departamento de Boyacá).

Para el orobioma altoandino se presentan los tamaños medios de los

fragmentos (MPS) más bajos con un promedio de 58 ha y tamaños inferiores a 10 ha para los municipios de Cómbita, Sotaquirá y Villa de Leyva y superiores a 100 ha en Coromoro, Encino y Gámbita. Los mejores índices de forma corresponden a esta unidad.

De los datos consignados en la Tabla 8 y teniendo en cuenta la información obtenida del mapa de ecosistemas de 1987 elaborado en el marco de este trabajo, se observa que el orobioma subandino ostenta muy poco cambio; sólo hay pérdida de un pequeño fragmento de un tamaño inferior a 10 ha, que hace que el MPS se incremente para el año 2000. Para este orobioma el LPI es de 0,48 y el ENN es en su conjunto el más grande (814 m) con distancias que superan 1,5 km para los municipios de Onzaga y Encino. Este orobioma está dominado por una matriz de paisajes transformados, en la que estos fragmentos se hallan de manera dispersa y en tamaños promedio inferiores a 50 ha para los remanentes localizados en los municipios de Toguí y Chitaraque.

Tabla 8. Comparación del cambio en algunos índices de fragmentación de bioma para el período 1987-2002

BIOMA	NP		MSP		SHAPE		COHESIÓN		AI	
	1987	2002	1987	2002	1987	2002	1987	2002	1987	2002
ZAST Chicamocha	6	8	366.05	255.88	1.96	1.91	99.30	99.35	96.90	97.21
O. azonal subandino	117	128	144.41	134.65	1.82	1.77	99.46	99.56	95.33	95.22
O. andino	205	302	523.93	377.41	2.20	2.02	99.72	99.74	96.98	96.92
O. subandino	74	73	131.66	139.81	2.07	2.08	98.64	98.73	95.14	95.26
O. páramo	114	132	393.19	363.13	2.46	2.20	99.69	99.74	96.04	96.17
O. altoandino	81	89	80.93	57.99	1.90	1.86	98.41	98.21	95.10	93.74
O. azonal andino	17	26	428.08	290.27	2.44	2.16	99.27	99.25	96.76	96.60

Para el páramo aunque se presentó un aumento en el número de fragmentos, el tamaño de ellos no varió considerablemente. El mayor número de fragmentos se presenta en Onzaga y Coromoro con tamaños medios de 109 y 193 ha, mientras que los menores MPS corresponden a Paipa. El LPI es de 4.1 y el ENN de 350 m.

Los valores de fragmentación relacionados con la forma (SHAPE) de los orobionomas de páramo y todos los azonales obedecen más a sus condiciones naturales de distribución geográfica, que a factores relacionados con intervención antrópica. En términos generales estos índices junto con los de cohesión (COHES) y agregación (AI) son similares.

#### - Municipios

Con base en los resultados de algunos índices de fragmentación (Tabla 9) para los 31 municipios se aprecia de manera general alta variabilidad de los diferentes índices para el área de estudio.

La mayor desviación estándar se presenta para el MPS (188,3), resultado que refleja la heterogeneidad espacial del área, que responde a la dominancia de diferentes matrices de acuerdo con el sector de análisis. Le sigue en términos de desviación estándar el número de fragmentos (26) y el índice de fragmento más grande (LPI) con 24,46. Los índices de forma (SHAPE y FRAC) exhiben las menores desviaciones y coeficientes de variación.

El número de polígonos varía entre 2 (Santa Rosa de Viterbo) y 117 (Onzaga) con 12 municipios con fragmentos inferiores a

16 y 11 municipios con un NP superior a 30. El MPS promedio es de 232 ha, con tamaños inferiores a 40 ha (Gachantiva y san Joaquín) y superiores a 400 ha (Coromoro, Gharalá, Sáchica, Encino y Santa Rosa de Viterbo). La mayoría de los municipios presentan tamaños de fragmentos entre 140 y 320 ha.

Los municipios con mayor LPI están asociados con la presencia de un bajo número de fragmentos; se destacan Santarosa, Cerinza, Toguí y Belén con valores superiores a 90 m. Con valores inferiores a 25 m se encuentran Gachantiva, Encino y Arcabuco.

Respecto a los índices de contagio y conectividad calculados, la mejor configuración se presenta para los fragmentos naturales localizados en los municipios de Toguí, Chitaraque y Cerinza y la menor agregación se da para los fragmentos ubicados en Mogotes y Sotaquirá. Para el municipio de Santa Rosa de Viterbo el índice de contagio es del 100%, mientras que la conectividad es 0, es decir un solo fragmento ocupa el mayor porcentaje de ecosistemas naturales. Los valores de cohesión y agregación (AI), son superiores al 90%, lo que representa un buen indicador del estado de agregación y adyacencia de fragmentos.

En términos de los índices de diversidad y similitud estos oscilan entre 0 (para municipios con uno o dos tipos de bioma) hasta valores de 1.06 para el índice de Shannon y 0.64 para el índice de similitud (municipio de Villa de Leyva).

Tabla 9. Valor de algunos índices de fragmentación por municipio, año 2002

MUNICIPIO	NP	LPI	MPS	SHAPE	CONTAG	CONNEX	COHES	AI
Arcabuco	28	23,1	164,5	2,3	66,7	13,3	99,0	95,6
Belén	18	92,1	145,8	1,7	85,1	7,4	99,8	97,4
Cerínza	4	94,3	165,8	2,5	100	50,0	99,8	94,9
Charalá	27	62,9	447,8	2,0	69,5	12,0	99,5	98,2
Chíquiza	18	43,7	132,7	2,2	65,8	24,4	98,9	96,0
Chitaraque	12	85,6	227,5	2,1	93,2	44,1	99,8	96,3
Cómbita	17	78,1	111,7	1,8	67,4	23,3	99,6	96,7
Coromoro	76	44,6	406,8	2,1	70,5	9,1	99,7	97,3
Covarachía	22	42,2	185,7	1,9	86,8	18,5	99,5	96,7
Curití	31	61,1	121,8	1,9	50,3	18,5	99,7	95,5
Duitama	42	73,4	169,8	2,1	66,3	14,2	99,7	95,7
Encino	36	23,1	624,5	2,5	62,8	15,1	99,6	97,2
Gachantivá	12	15,5	37,9	2,1	97,7	12,7	97,0	90,9
Gámbita	74	29,6	236,7	2,2	71,7	5,4	99,3	96,4
Mogotes	62	47,0	181,7	1,9	65,2	10,0	99,6	96,2
Moniquirá	12	46,8	224,1	2,2	100	19,7	99,6	96,0
Oiba	1	81,3	257,7	2,0	100	14,5	99,7	96,9
Onzaga	117	36,1	171,8	2,1	72,7	4,8	99,5	95,4
Paipa	40	39,8	139,4	2,2	82,9	8,9	99,1	95,2
Sáchica	8	86,8	493,7	1,8	100	21,4	99,9	98,2
San Joaquín	58	43,1	37,0	1,7	70,4	13,0	98,3	93,8
Santa Rosa de Viterbo	2	96,2	885,6	3,8	100	N/A*	99,9	96,7
Sativanorte	21	63,1	254,8	2,3	64,6	26,4	99,7	95,8
Sativasur	12	51,8	115,7	2,2	53,8	33,3	99,4	94,8
Soatá	36	60,9	94,0	1,9	60,8	18,3	99,2	95,5
Sotaquirá	57	28,8	132,9	2,0	65,4	8,5	99,3	95,5
Suaita	12	32,7	197,7	2,2	54,2	16,4	99,2	96,3
Tipacoque	16	40,5	125,3	1,7	50,8	23,9	99,3	96,7
Toguí	7	94,3	313,2	2,2	85,2	72,7	99,9	96,7
Tutaza	8	78,4	239,0	1,9	100	21,4	99,6	97,3
Villa de Leyva	21	29,7	163,1	2,1	59,1	23,8	99,2	96,0

\*N/A: no aplica para clases inferiores o iguales a 2 fragmentos



La Figura 7 presenta los resultados producto del análisis de componentes principales (incluyendo solamente los ecosistemas naturales y sin considerar la estructura de autocorrelación espacial entre municipios). La primera componente explica un 39.25% y está conformado por los índices de diversidad (SHDI y SIDI), contagio, distancia al vecino más cercano (ENN) y el índice del fragmento más grande (LPI); el segundo componente explica el 22,73% y lo conforman los índices de forma (SHAPE y FRAC) y una tercera componte (19,62) está asociada con los índices de agregación (COHESIÓN y AI).

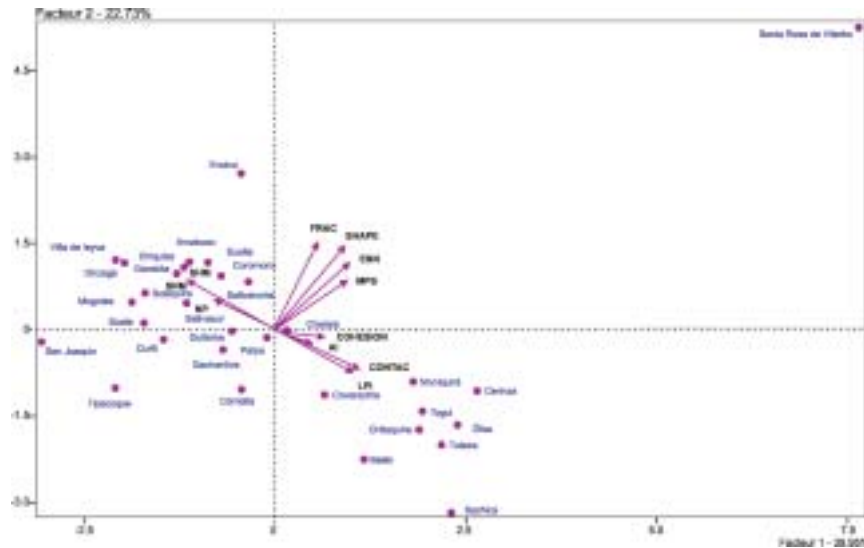


Figura 7. Análisis de componentes principales para los índices de fragmentación

Muchas de las variables inicialmente seleccionadas son interdependientes por la naturaleza de su definición (composición, configuración y arreglo espacial). La matriz de correlación reveló que la mayor parte de las correlaciones entre grupos son muy bajas y los mayores coeficientes de se dan para el índice del fragmento más grande (LPI): positivas con los índices de contagio y cohesión y negativas con los índices de riqueza y el número de fragmentos. El MPS presenta correlaciones positivas con los índices de forma y distancia al vecino más cercano y negativas con la riqueza.

La mayoría de los municipios se orienta en dirección del primer eje con algunos puntos disímiles que corresponden a Santa Rosa de Viterbo, Sáchica y Encino.

### Indicadores de diversidad de especies

#### - Riqueza

En la Tabla 10 se sintetizan los datos preliminares totales del número de especies hasta el momento registradas en el área para aquellos grupos en donde existen listas unificadas. Estos valores representan entre el 6 y 9% de las especies encontradas de rubiáceas (Mendoza *et al.* 2004) y aves para el país (Parker *et al.* 1996). Los Anexos 2 y 3 contienen las listas de especies de las localidades muestreadas para aves, Rubiaceae y Melastomataceae.

Tabla 10. Número de especies totales de algunos grupos biológicos en el área de estudio

GRUPO	NO. DE ESPECIES REGISTRADAS
Aves	167
Rubiaceae	63
Melastomataceae	68
Escarabajos coprófagos	8
Mariposas diurnas	40

Para aves y plantas, los sitios con mayor riqueza de acuerdo con los puntos de muestreo se encuentran en el departamento de Santander y corresponde a la Reserva Natural Cachalú y la Cu-

chilla del Fara en el SFF Guanentá Alto río Fonce, seguido del cañón del río Pómea y por último las localidades de los municipios de Villa de Leyva, Arcabuco y Chíquiza (Tabla 11).

Tabla 11. Valores de la riqueza y abundancia por localidad muestreada

LOCALIDAD	RIQUEZA POR GRUPO					ABUNDANCIA POR GRUPO				
	1	2	3	4	5	1	2	3	5	
RN Cachalú	74	-	-	52	214	-	-	-	1218	
Costilla del Fara - SFF Guanentá-Alto río Fonce	78	-	-	55	141	-	-	-	1247	
La Sierra- SFF Guanentá-Alto río Fonce	-	-	-	-	93	-	-	-	474	
Chontales Bajos- SFF Guanentá-Alto río Fonce	-	-	-	-	57	-	-	-	745	
Chontales Alto- SFF Guanentá-Alto río Fonce	-	-	-	-	49	-	-	-	632	
El Venado- SFF Guanentá-Alto río Fonce	-	-	-	-	45	-	-	-	631	
Cañón del río Pómea (Boyacá)	-	-	-	37	128	-	-	-	824	
Arcabuco	-	-	-	-	34	-	-	-	690	
La Colorada	55	7	9	21	49	-	149	56	439	
Carrizal 1	59	2	5	10	44	-	2	35	542	
Carrizal 2	-	1	9	13	38	-	1	118	763	
Morro Negro	39	2	8	10	28	-	5	33	736	
La Chorrera 1	32	2	15	8	49	-	13	54	344	
La Chorrera 2	35	4	15	8	39	-	126	65	796	
San Pedro de Iguaque	-	-	-	-	19	-	-	-	516	

1: aves, 2: escarabajos coprófagos, 3: mariposas diurnas, 4: Rubiaceae y Melastomataceae, 5: plantas leñosas

La Reserva Natural Cachalú exhibe mayor diversidad, principalmente en plantas, debido a la existencia de condiciones particulares de la biota en esta localidad: en primera instancia se puede considerar el sitio como un bosque mixto (más diversos en plantas que los dominados por alguna de las dos especies de roble presentes en la región) a pesar de la presencia de *Quercus humboldtii*; en segunda instancia, en este sitio son comunes especies de plantas, de zonas bajas provenientes de los bosques subandinos y húmedos cercanos al río Magdalena, los cuales enriquecen la biota de la localidad.

En comparación con otras localidades de robledales en el país, los registros de la riqueza de plantas leñosas para el municipio de Villa de Leyva son bajos; como se documenta por parte de algunos autores, estas áreas han sido fuertemente intervenidas desde épocas coloniales, factor que posiblemente sea la principal causa de los bajos valores de la riqueza puntual. La historia de intervención antrópica es, probablemente, uno de los factores más determinantes de la estructura, composición y riqueza de los bosques como lo exponen Josse y Baslev (1994) y Mendoza (1999) para los bosques del Neotrópico.

## -Complementariedad

En la Tabla 12 se presentan valores de complementariedad para aves y Rubiaceae- Melastomataceae. En síntesis se observa que para aves la composición de las localidades de Santander y Boyacá es diferente, alcanzando valores de complementariedad entre 80

y 98%. Para Rubiaceae y Melastomataceae el comportamiento es similar excepto entre las localidades de Cachalú y Pomeca, las cuales tienen un buen número de especies compartidas a pesar de ser distantes y tener tipos de bosque diferentes en cuanto a la dominancia de *Q. humboldtii* (Pómea es un robleal).

Tabla 12. Valores del índice de complementariedad (IC) entre localidades del corredor nororiental de robles

LOCALIDAD	CACHALÚ	SFF GUANENTÁ -ALTO RÍO FONCE	CAÑÓN DEL RÍO POMECA	CARRIZAL 1 Y 2	MORRONEGRO	CHORRERA 1 Y 2	LA COLORADA	ARABUCO
Cachalú	X	0,52	-	0,86	0,93	0,85	0,80	-
SFF Guanentá Alto Río Fonce	0,84	X	-	0,92	0,98	0,93	0,89	-
Cañón del Río Pomeca	0,77	0,87	X	-	-	-	-	-
Carrizal 1 y 2	0,95	0,97	0,90	X	0,44	0,67	0,59	-
Morro Negro	0,96	1	0,93	0,62	X	0,69	0,66	-
Chorrera 1 y 2	0,96	0,96	0,95	0,76	0,87	X	0,59	-
La Colorada	0,90	0,98	0,84	0,61	0,85	0,65	X	-
Arcabuco	0,94	0,97	0,95	0,71	0,87	0,33	0,60	X

Parte superior derecha IC para aves; parte inferior izquierda IC para plantas de las familias Melastomataceae y Rubiaceae

## - Registros con importancia taxonómica, geográfica o para la conservación

Se documentan 21 registros de aves y 6 de plantas que revisten

alguna importancia taxonómica, geográfica o para la conservación (Tabla 13). Estos registros de especies o géneros se restringen a los orobiomas andino y subandino.

Tabla 13. Registros de especies con alguna importancia taxonómica, geográfica o de conservación para el área de estudio

Taxa	Importancia
<b>AVES</b>	
<i>Aburria aburri</i>	Especie amenazada (NT: casi amenazada). Prioridad de conservación alta para el neotrópico. Registrada en Cachalú.*
<i>Odontophorus strophium</i>	Especie amenazada (CR: peligro crítico) y endémica. En el neotrópico está categorizada como prioridad de conservación urgente y restringida a los Andes del norte. Registrada en Cachalú y Guanentá Alto Río Fonce.*
<i>Pionus chalcopterus</i>	Especie con prioridad de conservación media en el neotrópico y restringida a los Andes del norte. Registrada en Guanentá Alto Río Fonce.*
<i>Chlorostilbon poortmanni</i>	Especie casi endémica. Registrada en la Chorrera 1*
<i>Amazilia franciae</i>	Especie casi endémica. Registrada en Cachalú.*
<i>Coeligena bonapartei</i>	Especie restringida a los Andes del norte y prioridad de conservación media en el neotrópico. Registrada en Carrizal, Colorada y Morronegro.*
<i>Coeligena prunellei</i>	Especie amenazada (VU: vulnerable). En el neotrópico restringida a los Andes del norte y prioridad de conservación alta. Especie endémica de Colombia. Registrada en Cachalú y Guanentá Alto Río Fonce.*

Continuación Tabla 13. Registros de especies con alguna importancia taxonómica, geográfica o de conservación para el área de estudio

Taxa	Importancia
<i>Eriocnemis cupreiventris</i>	Especie amenazada (NT: casi amenazada). En el neotrópico restringida a los Andes del norte y prioridad de conservación alta. Registrada en Carrizal.*
<i>Eriocnemis vestitus</i>	Especie restringida a los Andes del norte. Registrada en Carrizal, Morronegro, Chorrera 1 y 2, y la Colorada.*
<i>Synallaxis azarae</i>	Especie restringida a los Andes del norte. Registrada en Cachalú, Carrizal, Virolin y La Colorada.*
<i>Grallaria hypoleuca</i>	Especie restringida a los Andes del norte. Registrada en Cachalú.*
<i>Myiocticus ornatos</i>	Prioridad de conservación media a nivel neotropical. Registrada en Guantá Alto Río Fonce.*
<i>Myioborus ornatos</i>	Especie casi endémica y restringida a los Andes del norte. Registrada en Carrizal, Chorrera 1 y 2, La Colorada y Morronegro.*
<i>Rupicola peruviana</i>	Prioridad de conservación media a nivel neotropical. Registrada en Cachalú y Guantá Alto Río Fonce.*
<i>Cinnycerthia unirufa</i>	Especie restringida a los Andes del norte. Registrada en Carrizal y Morronegro.*
<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Especie casi endémica y restringida a los Andes del norte. Registrada en Cachalú, Chorrera 1 y 2, y la Colorada.*
<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Especie restringida a los Andes del norte. Registrada en Carrizal.*
<i>Tangara vitriolina</i>	Especie casi endémica y restringida a los Andes del norte. Registrada en Cachalú.*
<i>Diglossa humeralis</i>	Especie restringida a los Andes del norte. Registrada en Carrizal, La Colorada y Morronegro.*
<i>Silvicultrix diadema</i>	Especie restringida a los Andes del norte. Registrada en Morronegro, Carrizal, La Chorrera 2 y La Colorada.
PLANTAS	
<i>Huilaea minor</i> (Melastomataceae)	Especie restringida al departamentos de Boyacá en bosques de roble y mixtos en la franja entre los 2.000 y 2.600 m de altitud. Registrada en Iguaque; posiblemente sea una especie dependiente de las áreas de conservación.
<i>Huilaea macrocarpa</i> (Melastomataceae)	Especie restringida a los departamentos de Boyacá y Santander en bosques de roble. Registrada en Pómeca, Iguaque y La Sierra. Posiblemente sea una especie dependiente de las áreas de conservación.
<i>Colombobalanus excelsa</i> (Fagaceae)	Género y especie endémicos de Colombia y supremamente amenazados de desaparición. Sólo se encuentran tres poblaciones en el país, una de ellas en Guantá Alto Río Fonce. Prioridad de conservación alta en el ámbito nacional y neotropical**
<i>Talauma spp.</i> (Magnoliaceae)	En Pómeca y Cachalú crecen dos especies de este género las cuales se encuentran amenazadas y dependientes de la conservación.**
<i>Podocarpus olofolius</i> (Podocarpaceae)	Es una especie de pino colombiano, posiblemente amenazada por sobreexplotación.**
<i>Raputia sp</i> (Rutaceae)	Género poco conocido y colectado en el país.

\* Parker *et al.* 1996, Stiles 1998, Renjifo *et al.* 2002.

\*\* Calderón 2001.



Tabla 14. Indicador comparativo de especies de aves amenazadas

CATEGORÍA DE AMENAZA (UICN 2001)	N. DE ESPECIES CORREDOR NORORIENTAL DE ROBLES	N. DE ESPECIES NIVEL NACIONAL	INDICADOR COMPARATIVO DE ESPECIES AMENAZADAS (%)
CR	3	19	15,8
EN	6	43	14,0
VU	3	50	6,0
NT	2	40	5,0

### Indicador del estado de salud del hábitat

En la Tabla 15 se presentan los datos sobre la composición de aves de acuerdo con los criterios evaluados. Las localidades con mayor número de aves especialistas, endémicas y con prioridades de conservación son las del departamento de Santander,

lo que ratifica sus mejores condiciones de conservación dentro de los sitios muestreados. Así mismo la localidad de Carrizal es la que presenta más concentración de estas especies en el departamento de Boyacá, lo que concuerda con su nivel de conservación ya que esta localidad hace parte del SFF de Iguaque.

Tabla 15. Número de especies de aves por localidad de acuerdo con criterios de especificidad de hábitat, sensibilidad a perturbaciones, distribución y estado de conservación

LOCALIDAD	ESPECIFICIDAD AL HÁBITAT	SENSIBILIDAD A PERTURBACIONES	DISTRIBUCIÓN RESTRINGIDA	PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN											
				Restringidas a bosque montano			Alta	Media	NAN*	Endémicas	Casi endémicas	Neotrópico**			Nacional***
									1	2	3	CR	EN	VU	NT
Chorrera 1	3	2	17	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Chorrera 2	3	1	18	5	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
La Colorada	7	8	27	8	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Carrizal 1 y 2	9	10	30	10	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1
Moronegro	4	8	19	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cachalú	17	14	26	5	2	2	1	2	1	1	0	1	0	1	1
Virolín	13	9	25	5	2	1	1	1	3	1	0	1	0	1	0

\* Distribución restringida al neotrópico Stotz *et al.* (1996) - NAN: Andes del norte /Endémicas y Casi endémicas según Stiles 1998/ \*\* Prioridades de conservación en el neotrópico según Stotz *et al.* (1996): 1. Urgente, 2. Alta, 3. Media, 4. Baja / \*\*\* Categorías de amenaza nacional según Renjifo *et al.* (2002): CR: en peligro crítico, EN: en peligro, VU: vulnerable, NT: casi amenazado.

### Indicador de porcentaje de declaración de áreas protegidas

En la región de estudio se presentan dos áreas protegidas que hacen parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN): Santuario de Fauna y Flora (SFF) Guanentá-Alto Río Fonce, local-

mente conocido como «Virolín» (municipios de El Encino, Charalá, Gámbita y Duitama) con una extensión de 10.344,5 ha, y el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (municipios de Arcabuco, Tunja y Villa de Leyva) con 7362,5 ha. Estos dos SFF ocupan un 2,51% del área total de la región y con respecto al total de área del SPNN representan sólo un 0,17%.

El SFF Guanentá-Alto Río Fonce comprende altitudes entre 2.150 y 4.000 msnm y contiene ecosistemas asociados a bosques nublados andinos con poblaciones de *Quercus humboldtii*. El SFF de Iguaqué, con un rango altitudinal entre los 2.400 y 3.800 msnm presenta ecosistemas de páramo, bosques andinos con rodales de robledales y en los extremos sur y sureste asociaciones de matorrales secos (Galindo *et al.* 2003, Garcés y De La Zerda 1994).

De otra parte de las 170 reservas de carácter privado que hacen parte de la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, para el área del corredor nororiental se encuentran dos: Cachalú en Santander con 740 ha y Rogitama Biodiversidad en el municipio de Arcabuco con 29 ha. Estas áreas de manejo especial protegen ecosistemas andinos con la presencia de robledales.

### Indicador de representatividad de ecosistemas de las áreas protegidas

Tres de los siete biomas identificados en toda el área están representados en áreas protegidas. Sin embargo sólo dos de ellos (los orobiomas altoandinos y páramos) alcanzan valores de representación del 10% y el orobioma altoandino logra alcanzar la meta del 20%. Los biomas ausentes de las áreas protegidas son orobiomas subandinos, orobiomas azonales andinos y subandinos y el zonobioma alternohigrico o subxerofítico tropical (Tabla 16). Este último bioma asociado a ambientes secos, está mal representado en las áreas protegidas nacionales y regionales (Cavelier 1998, Armenteras *et al.* 2003, Arango *et al.* 2003).

Tabla 16. Representatividad de biomas en las áreas protegidas pertenecientes al corredor nororiental de robles

BIOMA	ÁREA PROTEGIDA (HA)	% PROTEGIDO	META		
			10	20	30
O. subandinos	0	0			
O. andinos	7159.8	6.7			
O. altoandinos	1371.5	24.5			
O. páramos	4772.9	10.8			
Orobiomas azonales	0	0			
ZAST	0	0			

Verde: representado; Rojo: no representado

Referente a ecosistemas, de los 41 identificados en el área de estudio, 15 se encuentran representados en las áreas de parques nacionales. Los ecosistemas mejor representados (con mayor superficie en los SFF) corresponden al bosque andino medio denso muy húmedo sobre crestas y crestones en montañas estructurales erosiónales en rocas de grano grueso (24mh-ME11) y el páramo muy húmedo en filas y vigas en montañas estructurales erosiónales (36mh-ME14) con 4.097 y 3.398 ha respectivamente.

### Indicadores de estado de la población

#### - Índice de necesidades básicas insatisfechas - NBI

En lo concerniente al índice de necesidades básicas insatisfechas, los municipios analizados presentan una gran heterogeneidad (Tabla 17). Existen municipios con muy bajos valores de NBI como Duitama (14%) y municipios con altos niveles de NBI como Covarichía que presenta un NBI de 63%.



Tabla 17. Municipios con mayor y menor índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI), año 1993

MUNICIPIOS CON MENOR NBI, 1993		MUNICIPIOS CON MAYOR NBI, 1993	
Municipio	NBI	Municipio	NBI
Duitama	14,0%	Gámbita	54,6%
Paipa	20,2%	Chitaraque	56,6%
Santa Rosa de Viterbo	23,3%	Tipacoque	57,8%
Sotaquirá	25,8%	Covarachía	63,1%
		Promedio NBI M/cipios robles: 39,8%	
		NBI nacional: 36,3%	

Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998, 2002

Aunque el NBI promedio de la región es de 39,8% (superior al nivel nacional de 36,35%), se denota la gran variabilidad de los municipios de la región (la desviación estandar fue de 12,21). Es importante mencionar que la mayoría de los municipios del corredor de robles (18 de los 33 municipios) presentan un NBI superior al nacional, lo cual significa un menor nivel de bienestar.

Se destacan los altos niveles de NBI que existen en las zonas rurales; 21 de los 33 municipios presentan un NBI superior al 40% (Tabla 18). Con excepción de Gámbita los municipios con mayores y menores niveles de NBI del corredor de robles se encuentran en el departamento de Boyacá, los municipios santandereanos se encuentran en un punto intermedio comparado con el promedio nacional.

Tabla 18. Mayores porcentajes de necesidades básicas insatisfechas (NBI) rurales por municipio, año 1993

MUNICIPIO	NBI RURAL	MUNICIPIO	NBI RURAL
Soatá	72%	Chíquiza	51%
Covarachía	69%	Gachantivá	51%
Tipacoque	65%	Encino	50%
Chitaraque	62%	Mogotes	46%
Tinjacá	61%	Coromoro	45%
Gámbita	59%	Sáchica	44%
San Joaquín	57%	Oiba	43%
Onzaga	54%	Curití	42%
Sativanorte	52%	Moniquirá	42%
Tutazá	51%	Belén	40%
Togú	51%	Nacional	36%

Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998, 2002

### - Índice de calidad de vida - ICV

Los municipios del corredor de robles (con excepción de Duitama), presentan valores de ICV menores que el promedio nacional el cual es de 71. Así mismo el promedio de ICV de la región es

bastante inferior al nacional (51 con una desviación de 9) (Tabla 19). Los municipios con mayor ICV están ubicados en Boyacá, mientras que los municipios con menor ICV son municipios en su mayoría de Santander (Figura 9).



Tabla 19. Municipios con mayor y menor valor de índice de calidad de vida (ICV), año 1993

MUNICIPIOS CON MAYOR ICV - 1993		MUNICIPIOS CON MENOR ICV - 1993	
Municipio	ICV	Municipio	ICV
Duitama	77%	Encino	42%
Santa Rosa de Viterbo	68%	Chitaraque	40%
Paipa	65%	Tipacoque	40%
Villa de Leyva	65%	Chíquiza	36%
Promedio ICV M/cipios robles: 51			
ICV nacional: 71			

Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998, 2002

Los resultados del índice de calidad de vida complementan lo encontrado con el índice de necesidades básicas insatisfechas; ambos muestran una gran heterogenidad en sus valores, reflejando en promedio un estado de calidad de vida inferior al nacional y unas necesidades básicas insatisfechas superiores al nivel nacional (excepto Duitama). Es decir que en los aspectos sociales el área de estudio presenta condiciones desfavorables si se comparan con el nacional e incluso con otras regiones como la zona cafetera occidental (Rincón *et al.* 2004).

#### - Porcentaje de muertes por causa violenta

En la región se destacan cuatro municipios con el mayor porcentaje de muertes por causa violenta: Coromoro (23,8%), Tutazá (13,2%), San Jose de Paré (12,1%) y Curití (11,4%) (Tabla 20). Sin embargo estos municipios son atípicos comparados con el resto de municipios de la región, ya que 21 de ellos presenta un porcentaje inferior al 6%. El promedio de muertes por causa violenta de la región es de 5,1 % (con una desviación estándar de 4,6). Todos los municipios con excepción de Coromoro presentan un porcentaje inferior al nivel nacional, y la gran mayoría de ellos presenta valores bajos.

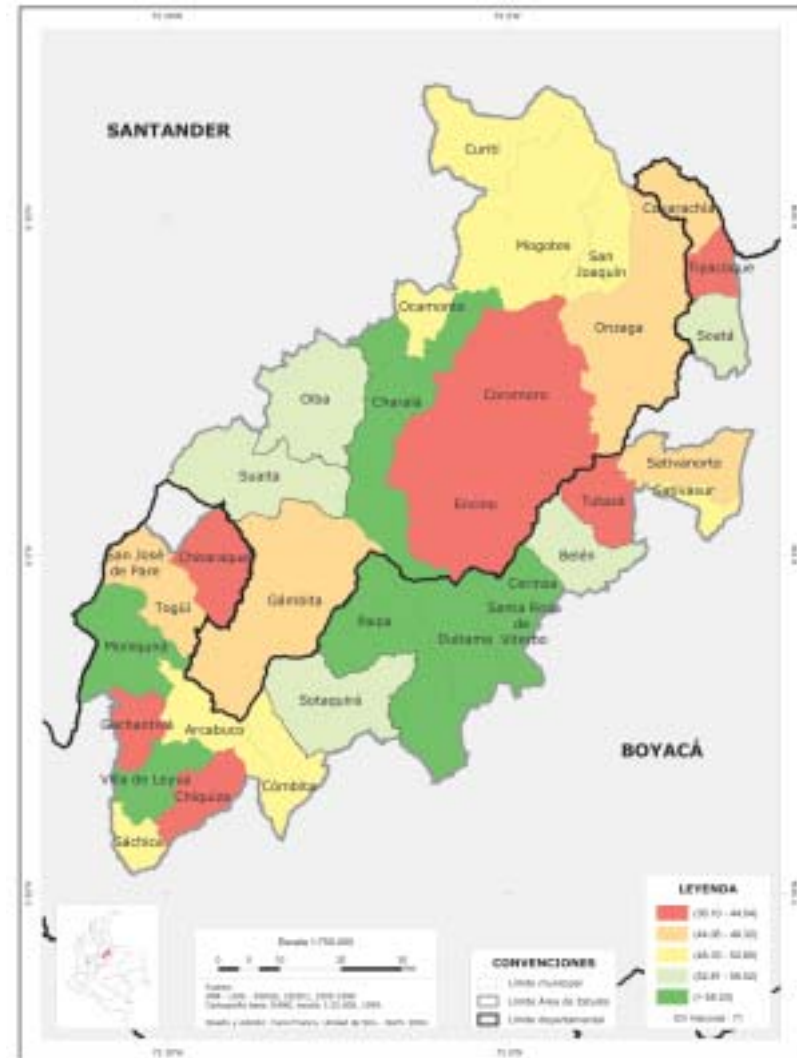


Figura 9. Distribución municipal del índice de calidad de vida (ICV), año 1993

Tabla 20. Municipios con mayor y menor porcentaje de muertes por causa violenta

MUNICIPIOS CON MAYOR PORCENTAJE DE MUERTES POR CAUSA VIOLENTA		MUNICIPIOS CON MENOR PORCENTAJE DE MUERTES POR CAUSA VIOLENTA	
Municipio	Porcentaje	Municipio	Porcentaje
Coromoro	23,8%	Gachantivá	1,8%
Tutazá	13,2%	Santa Rosa de Viterbo	1,6%
San José de Pará	12,1%	Sotaquirá	0,6%
Curití	11,4%	Villa de Leyva	0,6%
Promedio M/cipios robles: 5,1%			
Nacional: 17,1%			

Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998. 2002

### - Porcentaje de muertes por enfermedades digestivas

En lo referente al porcentaje de muertes por enfermedades digestivas, se contó con información para 22 de los 33 municipios. Los resultados son similares al anterior indicador, pocos municipios

presentan cifras relativamente altas: Gámbita (12%), Moniquirá (10%) y Ocamonte (8,75%); la mayoría de municipios (16 de un total de 22) presenta porcentajes inferiores al 6%. Sin embargo la mitad de los municipios exhibe porcentajes ligeramente superiores al nivel nacional (3,5%) (Tabla 21).

Tabla 21. Porcentaje de muertes por enfermedades digestivas por municipio

MUNICIPIOS CON MAYOR PORCENTAJE DE MUERTES POR ENFERMEDADES DIGESTIVAS		MUNICIPIOS CON MENOR PORCENTAJE DE MUERTES POR ENFERMEDADES DIGESTIVAS	
Municipio	Porcentaje	Municipio	Porcentaje
Gámbita	12%	Togüí	1,9%
Moniquirá	10%	Cómbita	1,6%
Ocamonte	8,7%	Coromoro	1%
Chitaraque	7%	Curití	1%
Promedio M/cipios robles: 4,7%			
Nacional: 3,5%			

Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998. 2002

### - Porcentaje de muertes por enfermedades respiratorias

El porcentaje de muertes por enfermedades respiratorias -ER es bajo en la mayoría de los municipios en comparación con el

porcentaje al nivel nacional (7,8%). 19 de los 26 municipios analizados presentaron porcentajes muy inferiores al nacional, y sólo cuatro mostraron valores superiores al 10% (Tabla 22).

Tabla 22. Porcentaje de muertes por enfermedades respiratorias por municipio

MUNICIPIOS CON MAYOR PORCENTAJE DE MUERTES POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS 1993		MUNICIPIOS CON MENOR PORCENTAJE DE MUERTES POR ENFERMEDADES RESPIRATORIAS 1993	
Municipio	Porcentaje	Municipio	Porcentaje
Sativasur	12,5	Coromoro	1,9
Sáchica	10,5	San José de Pare	1,1
Santa Rosa de Viterbo	10,3	Cerinza	1,1
Duitama	10	Chitaraque	0,9
Promedio M/cipios robles: 5,5%		Promedio M/cipios robles: 5,5%	
Nacional: 7,8%		Nacional: 7,8%	

Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998. 2002

### - Tasa de analfabetismo

30 de los 33 municipios del corredor tienen una tasa de analfabetismo mayor que la nacional (10%), y 11 de ellos presentan tasas de analfabetismo superiores al 20 %. Sólo los muni-

cipios de Paipa, Duitama y Sativasur tienen niveles por debajo de 10% (Tabla 23). Esto refleja un estado bajo en materia de educación básica, mostrando deficiencias en alfabetismo.

Tabla 23. Municipios con mayor y menor tasa de analfabetismo

MUNICIPIOS CON MAYOR TASA ANALFABETISMO 1993		MUNICIPIOS CON MENOR TASA DE ANALFABETISMO 1993	
Municipio	Tasa	Municipio	Tasa
Covarachía	25%	Soatá	10%
Tipacoque	25%	Paipa	9%
Ocamonte	24%	Sativasur	9%
Chíquiza	22%	Duitama	5%
Promedio tasa analfabetismo robles: 17%		Promedio tasa analfabetismo robles: 17%	
Tasa de analfabetismo nacional: 10%		Tasa de analfabetismo nacional: 10%	

Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998. 2002

## Indicadores de presión demográfica

### - Población y crecimiento de la población

El crecimiento de la población en los municipios del área de estudio fue del 85% en el periodo comprendido entre los años de 1951 y 2000 (Tabla 24); este crecimiento se concentró especialmente en las cabeceras municipales (378 %) y en menor propor-

ción en la zona rural<sup>2</sup> (28%). El paso de la población rural a las cabeceras municipales se ha incrementado entre los años de 1951 y 2000, sin embargo como se verá más adelante, la participación de la población rural en los municipios del corredor sigue teniendo una presencia significativa si son comparados con el comportamiento nacional, superando la participación porcentual de la población ubicada en las cabeceras (Figura 10).

<sup>2</sup>El DANE clasifica la población en tres áreas: total, cabecera y resto. En este trabajo la población correspondiente a resto se catalogará como rural.

Tabla 24. Población censal municipal (1951-1964-1976-1985-1993 y 2000 proy) en el corredor de robles

ZONA / AÑO	1951	1964	1973	1985	1993	2000	CAMBIO % 1951 - 2000
Cabecera	34,682	74,698	89,612	117,974	148,028	165,906	378
Resto	177,074	201,586	210,317	222,008	230,015	226,178	28
Total	211,756	276,284	299,929	339,982	378,043	392,084	85
Part % Pob Rural	83,6	73,0	70,1	65,3	60,8	0,1	

Fuente: DANE, www.dane.gov.co

Entre los municipios con mayor crecimiento en las cabeceras se destacan Duitama, Paipa y Villa de Leyva (Tabla 25). Hay que resaltar que a pesar del incremento tanto en las zonas rurales como en las urbanas, son pocos los municipios que concentran el mayor flujo y porcentaje de la población.

Tabla 25. Municipios con mayor crecimiento de la población urbana y cambio porcentual (1951-2000) en el corredor de robles

MUNICIPIO	1951	1964	1973	1985	1993	2000	CAMBIO% 1951 -2000
Duitama	7.723	31.865	38.391	57.937	74.228	83.799	985
Paipa	1.293	3.105	5.136	6.671	11.137	12.451	863
Sáchica	160	397	659	959	1.188	1.502	839
Villa de Leyva	868	1.905	1.953	2.646	4.061	4.625	433

Fuente: DANE, www.dane.gov.co. Fundación Social, 1998. DNP-UDS-DIOGS, (SISD) v.2, 2002  
Cálculos del IAVH

Cuatro municipios (Duitama, Paipa, Moniquirá y Soatá) ejercen una atracción fuerte de la población. En 1951 estos municipios representaban el 30% del total de población del corredor de robles. Esta participación ha ido aumentando a través del tiempo llegando a una participación del 48% en el 2000. En la Figura 11 se observa la población de los municipios del corredor de robles, en rojo se expresan los municipios con mayor población.

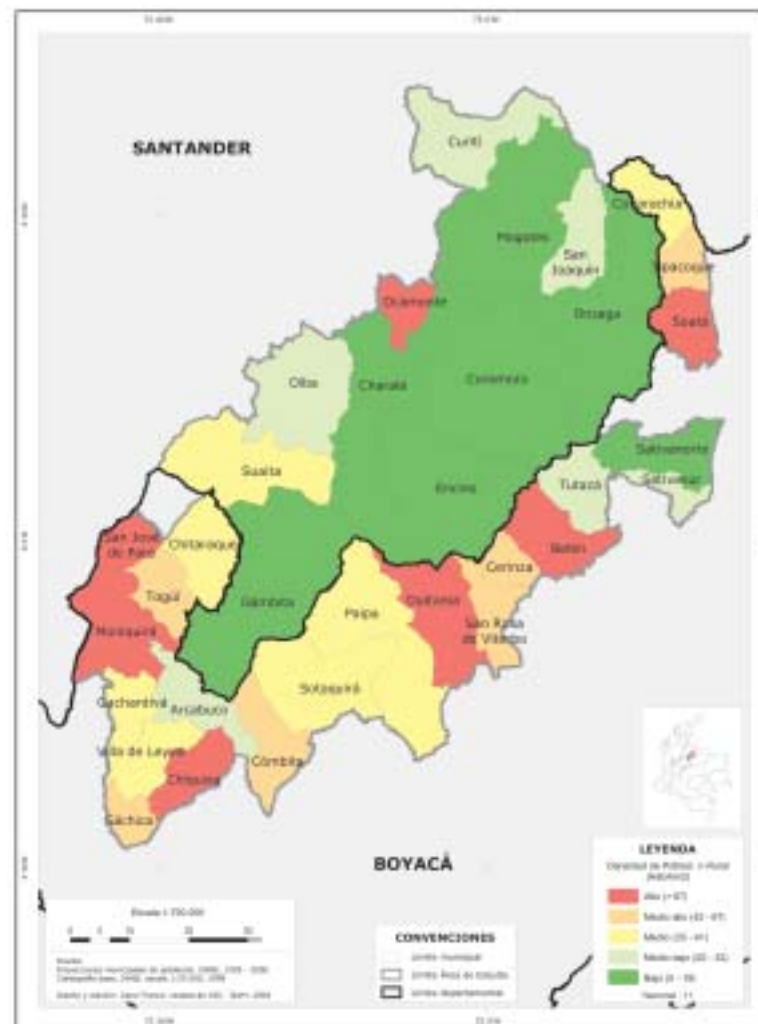


Figura 10. Densidad de la población rural por municipio, año 2000 en el corredor nororiental de robles  
Fuente: DANE. 1998. Fundación Social, 1998. DNP-UDS-DIOGS, (SISD) v.2, 2002

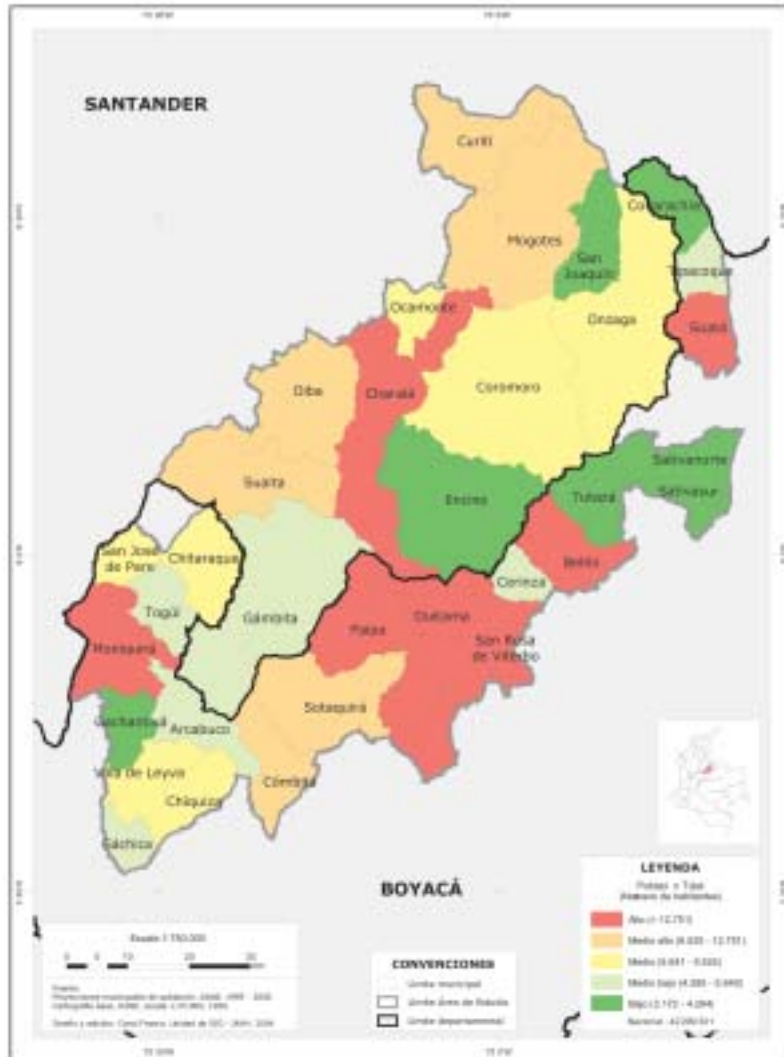


Figura 11. Distribución de la población total por municipio, año 2000

### - Población rural

La región de estudio se caracteriza por presentar gran parte de su población concentrada en la zona rural (Figura 12) como lo demuestran los datos de 1985, 1993 y 2000 (con excepción de dos municipios -Santa Rosa de Viterbo y Duitama). En los años de 1993 y 2000, esta tendencia continúa, pese a que se evidencia un desplazamiento de la población rural a las zonas urbanas, manteniéndose un mayor porcentaje de participación de la población rural en comparación con el nivel nacional (excepto Duitama).

Para 1985 el 34,7% de la población nacional se ubicaba en la zona rural, mientras que para 1993 y 2000 esta cifra ha disminuido a 29%. Caso contrario se da en los municipios del corredor de robles, donde existe una alta concentración de población en las zonas rurales: 65,3%, 60,8% y 57,7% para los años 1985, 1993 y 2000, respectivamente. Sin embargo de seguir la tendencia de ubicación poblacional, en un futuro la región presentará similares características que el nivel nacional.

### Indicadores de presión económica

#### -Indicador de actividad económica

La mayoría de los municipios (26 de 33) de la región de corredor de robles presentan valores del indicador de actividad económica inferiores a 10.000 millones de pesos (años 1993 y 2000). Por el contrario, municipios, como Duitama, Villa de Leyva, Paipa y Moniquirá, poseen valores superiores a 30.000 millones (Tabla 26).

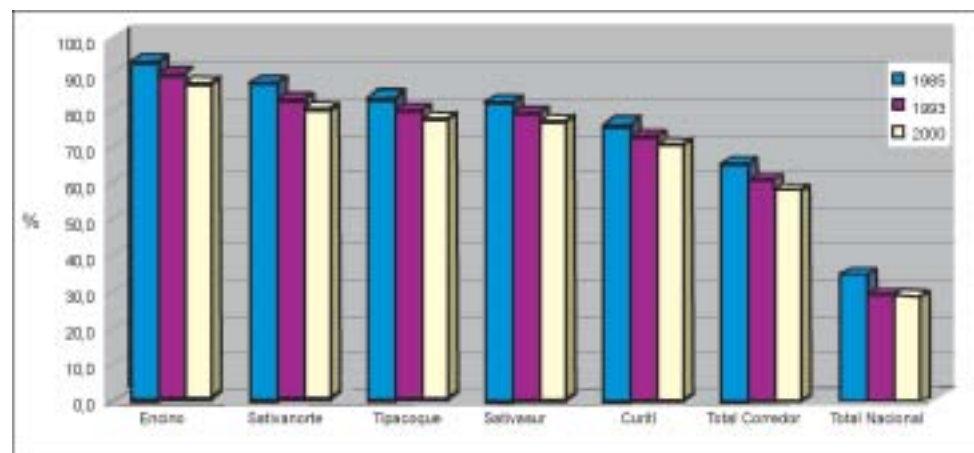


Figura 12. Participación porcentual de la población rural por municipio, años 1985, 1993 y 2000  
 Fuente: DANE, 1998. Fundación Social, 1998. DNP-UDS-DIOGS, (SISD) v.2, 2002  
 Proyección DANE, año 2000  
 Cálculos del IAvH.

Tabla 26. Municipios con mayor y menor indicador de actividad económica (IAE) 2000 a precios constantes de 1994 (millones de pesos)

MUNICIPIOS CON MAYOR INDICADOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA (IE) 2000		MUNICIPIOS CON MENOR INDICADOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA (IE) 2000	
Municipio	IE (2000)	Municipio	IE (2000)
Duitama	211740	San Joaquín	761
Paipa	57527	Tipacoque	760
Villa de Leyva	34324	Covarachía	642
Monquirá	31021	Sativasur	416
Ind. de act. econ. M/cipios de robles: 379013			
IAE nacional: 64226882 / Part % en el nacional: 0,6%			

Fuente: DANE 2004  
 Cálculos del IAvH.

La participación porcentual de la actividad económica de los municipios estudiados en el panorama nacional es muy baja, representando para el año 2000 el 0,6% del valor nacional. Estos resultados muestran que los municipios asociados al corredor de robles son municipios con bajos ingresos, con excepción de Duitama (Figura 13).

La pobreza de la región que se puede evidenciar en los bajos niveles de los indicadores económicos y sociales, convierte a los municipios del corredor en potenciales elementos de presión sobre los recursos naturales remanentes a futuro, en busca de un mejor bienestar. De allí la necesidad que temas como el crecimiento económico y el mejoramiento del bienestar de estos municipios se hagan de una forma sostenible.



### - Indicador de actividad económica *per cápita*

Referente al indicador de actividad económica *per cápita* (INDPER) para el año 2000, los municipios de Villa de Leyva, Duitama, Paipa y Moniquirá, se destacan por tener los valores mayores, aún por encima del nivel nacional (1.73 millones de pesos). En contraste, 26 de los 33 municipios presentan valores de este índice inferiores al nacional (Tabla 27).

Tabla 27. Indicador de actividad económica *per cápita* a precios constantes de 1994 (millones de pesos)

MUNICIPIOS CON MAYOR INDIPER 2000		MUNICIPIOS CON MENOR INDIPER 2000	
Municipio	INDIPER	Municipio	INDIPER
Villa de Leyva	3,68	Sativasur	0,19
Paipa	2,13	Soatá	0,17
Duitama	1,88	Tipacoque	0,17
Moniquirá	1,31	Covarachía	0,16
Promedio INDIPER M/cipios robles: 0,93			
INDIPER nacional: 1,73			

Fuente: DANE 2004  
Cálculos del IAvH.

Los resultados de este indicador son muy similares al indicador de actividad económica, ya que reflejan una región con bajos niveles de ingresos comparados con el nivel nacional. De otro lado se resalta que la mayor parte de los municipios del área de estudio, se caracterizan por la siembra de papa (16 de 22 ubicados en Boyacá), estos municipios presentan niveles medios de actividad económica en la región.

En la Tabla 28 se observa la importancia del departamento de Boyacá dentro del total de producción del cultivo de papa en el país. Presentando cifras de 25% de participación en área cultivada y de 24% de total de producción para el año 2002.

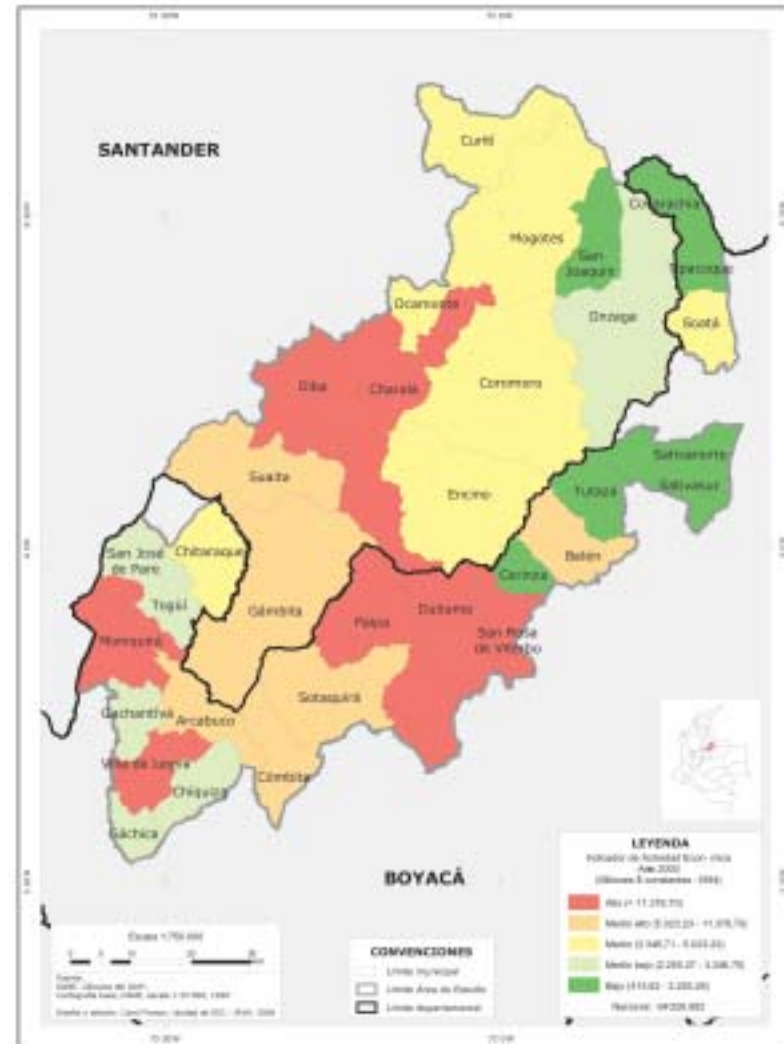


Figura 13. Distribución de la actividad económica por municipio, año 2000 a precios constantes de 1994 (millones de pesos)

Tabla 28. Área cultivada (ha) y producción (t) de papa en los principales departamentos productores del país

Área cultivada (ha) de papa en los principales departamentos productores				
DEPARTAMENTO	1990	1996	2000	2002
Boyacá	37.800	54.793	47.209	41.723
Cundinamarca	54.400	57.270	68.974	69.682
Nariño	26.400	27.546	25.418	22.891
Nacional	161.350	173.702	170.719	163.841
Part % Boyacá	23	32	28	25

ha: hectáreas t: toneladas

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2002

Cálculos: Observatorio Agrociudades Colombia. Validación de datos: CEVIPAPA

La Tabla 29 presenta el número de fincas, unidades productoras y área total cultivada en papa para los municipios de Boyacá que hacen parte del corredor nororiental de robles. Se destacan mu-

Producción (t) de papa en los principales departamentos productores				
DEPARTAMENTO	1990	1996	2000	2002
Boyacá	491.000	832.606	764.426	670.736
Cundinamarca	855.700	981.895	1.216.489	1.279.374
Nariño	447.000	439.500	391.783	353.780
Nacional	2.464.400	2.801.027	2.882.941	2.834.820
Part % Boyacá	20	30	27	24

nicipios como Combitá y Chiquiza con un área cultivada de 1.018 y 1.501 ha respectivamente, con la presencia del mayor número de fincas y unidades productoras de papa.

Tabla 29. Número de fincas, unidades productoras, área total de papa y participación porcentual de los municipios del corredor de robles en el total del departamento de Boyacá.

MUNICIPIO	AÑO 2002		
	Fincas	UPP*	Área(ha)
Cómbita	1.723	2.275	1.018
Chiquiza	1.250	2.525	1.501
Belén	836	1.350	622
Santa Rosa de Viterbo	623	844	225
Arcabuco	533	791	547
Tutazá	432	733	691
Cerínza	393	465	88
Paipa	360	387	151
Sotaquirá	233	378	355
Sativanorte	163	243	70
Gachantivá	137	162	28
Soatá	84	104	13
Tipacoque	82	89	15
Villa de Leyva	73	79	29
Sativasur	64	70	7
Duitama	50	60	85
Total M/cipios robles	7.036	10.555	5.445
Total Boyacá	47.592	64.988	30.454
Part % M/cipios robles en Boyacá	15	16	18

\* Unidades productoras de papa

Fuente: DANE - I Censo nacional del cultivo de la papa, 2002



Dada la relevancia de este cultivo en el departamento de Boyacá, se debe mencionar la relación que existe entre esta actividad y el hecho que gran parte de la población municipal es rural (Figura 14).

### Índice de escasez de agua

- Índice anual de escasez de agua por municipio (año medio)

Los municipios del corredor de robles ostentan en su mayoría índices de escasez de agua mínimos y no significativos para el año 2000, siendo los municipios del departamento de Santander los que contienen valores más bajos. Solamente el municipio de Tipacoque tiene un índice de escasez de agua en la categoría «medio alto». 18 de los 33 municipios presentan índices de escasez de agua no significativos (Tabla 30)

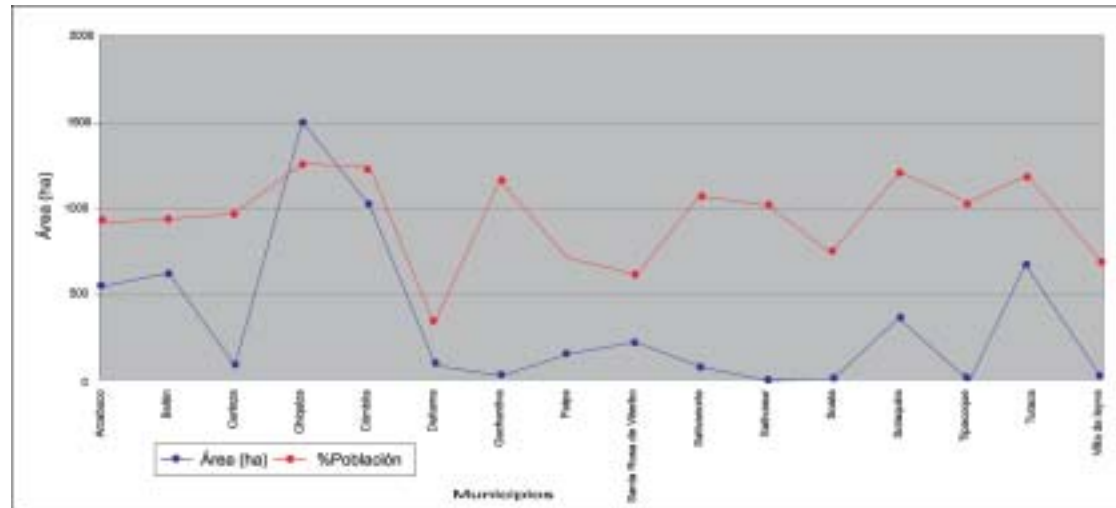


Figura 14. Área en cultivos de papa (ha) vs. porcentaje de población rural en los municipios de Boyacá que pertenecen al corredor nororiental de robles, año 2002  
Fuente: DANE - I Censo nacional del cultivo de la papa, 2002

- Índice anual de escasez de agua por municipio (año seco)

El índice de escasez de agua (año seco) refleja que cuatro municipios se encuentran en un nivel «medio alto» (Tabla 31); estos

municipios pertenecen al departamento de Boyacá. Igual que en el índice de escasez de agua para el año medio los municipios de Santander son los que presentan menores índices de escasez de agua para el año seco.

Tabla 30. Índice anual de escasez de agua, por municipio (año medio)

MUNICIPIO	2000	CATEGORÍA	MUNICIPIO	2000	CATEGORÍA
Tipacoque	17,23	Medio Alto	Togüí	0,79	No significativo
Duitama	16,23	Medio	Chitaraque	0,73	No significativo
Santa Rosa de Viterbo	13,57	Medio	Sativasur	0,70	No significativo
Sáchica	7,11	Mínimo	Gachantivá	0,68	No significativo
Soatá	6,51	Mínimo	San Joaquín	0,48	No significativo
Cerínza	5,43	Mínimo	Curití	0,45	No significativo
Villa de Leyva	4,33	Mínimo	Ocamonte	0,44	No significativo
Chíquiza	4,24	Mínimo	Gambita	0,39	No significativo
Paipa	3,15	Mínimo	Oiba	0,38	No significativo
Cómbita	2,59	Mínimo	Charalá	0,36	No significativo
Belén	2,51	Mínimo	Tutazá	0,34	No significativo
Moniquirá	2,50	Mínimo	Mogotes	0,27	No significativo
Sotaquirá	1,84	Mínimo	Encino	0,22	No significativo
Arcabuco	1,21	Mínimo	Sativanorte	0,21	No significativo
Tinjacá	1,09	Mínimo	Onzaga	0,21	No significativo
Covarachía	0,92	No significativo	Coromoro	0,14	No significativo
San José de Pare	0,90	No significativo			

Fuente: Ideam 2000

Tabla 31. Índice anual de escasez de agua, por municipio (año seco)

MUNICIPIO	2000	CATEGORÍA	MUNICIPIO	2000	CATEGORÍA
Duitama	36,88	Medio Alto	San José de Pare	1,76	Mínimo
Tipacoque	33,14	Medio Alto	Sativasur	1,59	Mínimo
Sáchica	30,92	Medio Alto	Gachantivá	1,57	Mínimo
Santa Rosa de Viterbo	30,84	Medio Alto	Chitaraque	1,43	Mínimo
Villa de Leyva	18,84	Medio	San Joaquín	0,93	No Significativo
Chíquiza	18,42	Medio	Tutazá	0,77	No Significativo
Soatá	12,51	Medio	Gambita	0,76	No Significativo
Cerínza	12,35	Medio	Curití	0,74	No Significativo
Cómbita	11,26	Medio	Oiba	0,74	No Significativo
Sotaquirá	8,02	Mínimo	Ocamonte	0,72	No Significativo
Paipa	7,16	Mínimo	Charalá	0,6	No Significativo
Moniquirá	5,81	Mínimo	Sativanorte	0,47	No Significativo
Belén	5,7	Mínimo	Mogotes	0,44	No Significativo
Tinjacá	4,74	Mínimo	Onzaga	0,4	No Significativo
Arcabuco	2,82	Mínimo	Encino	0,35	No Significativo
Togüí	1,84	Mínimo	Coromoro	0,23	No Significativo
Covarachía	1,77	Mínimo			

Fuente: Ideam 2000

ANÁLISIS DE ASOCIACIONES ENTRE VARIABLES ECONÓMICAS,  
SOCIALES, DEMOGRÁFICAS Y REFERENTES AL ESTADO DE LA  
BIODIVERSIDAD





Las relaciones entre las variables socioeconómicas, demográficas y las concernientes al medio ambiente y más específicamente a la biodiversidad son complejas y pueden encontrarse diferencias de nivel espacial o temporal. Es posible hallar diversidad de resultados entre escalas (global, regional, nacional, municipal, e incluso en análisis más locales), o entre períodos de desarrollo, por ejemplo, el ingreso o el crecimiento económico puede dete-

riorar la biodiversidad en sus primeras fases de expansión, mientras que puede alcanzar relaciones inversas en estadios superiores. Dependiendo de las relaciones que se observen entre la biodiversidad y las variables sociales, económicas o demográficas, se desprenderán recomendaciones de política para una determinada región o para un determinado nivel de desarrollo económico o social.

## 2.1 Metodología

Rincon *et al.* 2004 detallan el marco conceptual y metodológico sobre la relación entre variables económicas, sociales, demográficas y las asociadas a biodiversidad dentro de los trabajos adelantados por el Sistema de Indicadores del Instituto Humboldt en la zona cafetera. La estimación de las diferentes asociaciones se basó en la utilización de los coeficientes de correlación de Pearson<sup>3</sup> y Spearman. Adicionalmente se realizó el análisis de correlaciones teniendo en cuenta la estructura de correla-

ción espacial<sup>4</sup> de los indicadores, mediante procedimientos estadísticos de ajustes de los valores críticos correspondientes a los coeficiente de correlación (Clifford *et al.* 1989, Dutilleul 1993).

El análisis de las correlaciones se llevo a cabo para más de 60 variables, con base en información municipal y los datos del mapa de ecosistemas de los dos períodos de tiempo (1987 y 2000).

## 2.2 Resultados y discusión

Los resultados encontrados evidencian una asociación inversa y significativa muy clara entre los indicadores de superficie en ecosistemas naturales y seminaturales con la densidad de población rural para los años de análisis; es decir que en las zonas de mayor densidad de población rural existe una menor área en ecosistemas naturales y seminaturales. Estos resultados muestran

una posible presión antrópica ocasionada por la influencia demográfica en las áreas rurales sobre los ecosistemas naturales, ya que esta región a diferencia de otras del país (como por ejemplo la región cafetera), (Rincon *et al.* 2004) se caracteriza por la alta participación de la población rural por municipio (Figura 15).

<sup>3</sup> No considera la estructura de autocorrelación espacial entre un par de variables

<sup>4</sup> La autocorrelación espacial se puede definir como la coincidencia de valores similares con una situación espacial similar (Anselin y Bera 1996). La autocorrelación espacial tiene dos causas fundamentales. Por un lado la existencia de procesos espaciales, y, por el otro, por errores de diversa naturaleza: imperfección de los datos, desajuste entre el área y el fenómeno que se trata de explicar (Anselin 1988).

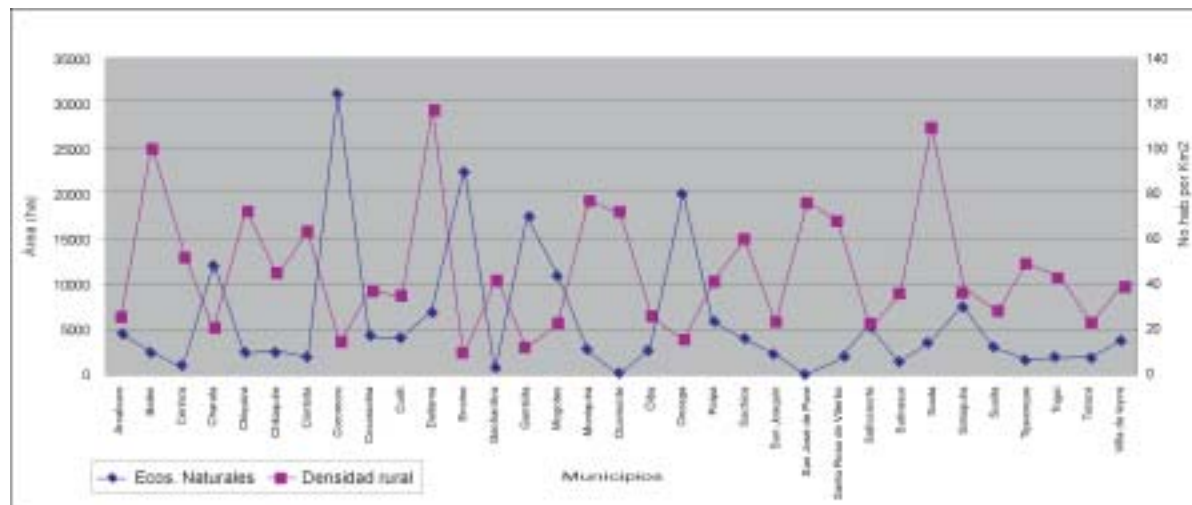


Figura 15. Área en ecosistemas naturales vs densidad rural municipal, año 2000  
Fuente: Fuente: IAvH - DANE. 1998.

El cambio en la población entre 1985 y 2000 se encuentra asociado de forma significativa con el cambio en superficie de ecosistemas naturales y seminaturales, reiterando la posible presión por aspectos demográficos, dada no por la densidad total de la población sino por la densidad rural.

Pese a ser una región que no contiene un gran tamaño de población, si se compara con otras del país como la cafetera, o la central del país, el crecimiento de población presentó asociaciones significativas con la pérdida en área de ecosistemas naturales y seminaturales. Es decir que más que el tamaño de la población actual, lo que se puede convertir como fuente de presión en el área del corredor son las dinámicas de crecimiento que se pueden dar. Sólo Duitama refleja claramente fases de crecimiento demográfico y económico altas y tempranas con respecto al res-

to de municipios del corredor de robles. A diferencia de otras regiones, la dinámica poblacional (crecimiento poblacional) de los municipios del corredor no ha mostrado etapas fuertes de expansión.

Las relaciones entre indicadores sociales y los relacionados con superficie de ecosistemas naturales resultaron ser inversas, a pesar de ser no significativas. La no significancia puede deberse a que la región como se dijo con anterioridad aún no presenta fases significativas de expansión demográfica y económica.

Entre las asociaciones que resultaron ser significativas de forma directa, está la encontrada entre la variable de muertes por causa violenta y las variables relacionadas a ecosistemas naturales y seminaturales.

A pesar de la baja actividad económica que presenta la región comparada con otras áreas del país (con excepción de Duitama), el indicador de actividad económica estuvo asociado de forma muy significativa e inversa con el indicador de cambio porcentual del área en ecosistemas naturales. Es decir que el aumento de la actividad económica está correlacionado con una mayor transformación (disminución del área en ecosistemas naturales).

El indicador de área en ecosistemas con predominancia en pastos y agroecosistemas ganaderos también resultó estar correlacionado de forma inversa y significativa con el indicador de cambio en área en ecosistemas naturales.

El corredor nororiental de robles se caracteriza, en términos generales, por bajos niveles de calidad de vida y altos niveles de necesidades básicas insatisfechas, asociados a bajos niveles de actividad económica (bajo crecimiento económico). La anterior situación puede convertirse en potencial elemento de presión fuerte en el futuro. En la medida que los municipios adopten esquemas de crecimiento económico ambientalmente no sostenibles para solucionar problemáticas prioritarias como la baja calidad de vida,

los altos niveles de necesidades básicas insatisfechas y altas tasas de analfabetización, pueden afectar su entorno natural y por tanto la biodiversidad.

A pesar de que en esta región no se han presentado fases de alta expansión económica y demográfica, los procesos de degradación y presión sobre los recursos naturales están presentes y en crecimiento. Esto se observa en la alta correlación inversa y significativa entre los cambios en ecosistemas naturales y seminaturales y los cambios en ecosistemas transformados, es decir que efectivamente se evidencia un paso de ecosistemas naturales y seminaturales a ecosistemas transformados (pastos, cultivos, etc) (Figura 16).

En complemento a lo planteado en el párrafo anterior, en el análisis de correlaciones se evidencia la alta y significativa asociación directa entre variables económicas (indicador de actividad económica) y variables sociales (NBI e ICV), los municipios con mayor actividad económica, están asociados a municipios en los cuales se da una mejor calidad de vida, un menor nivel de analfabetismo y un menor porcentaje de necesidades básicas insatisfechas.

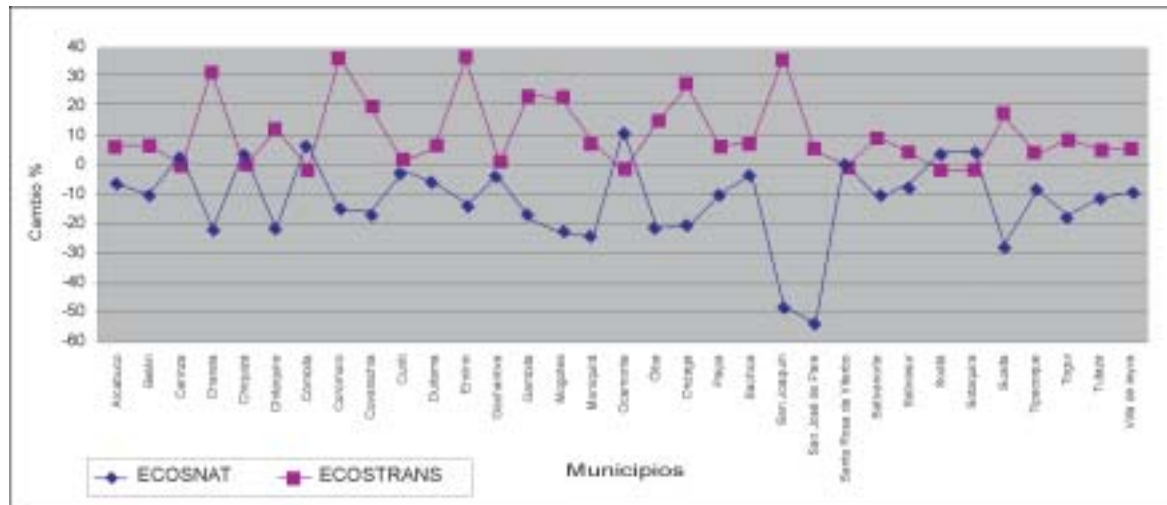
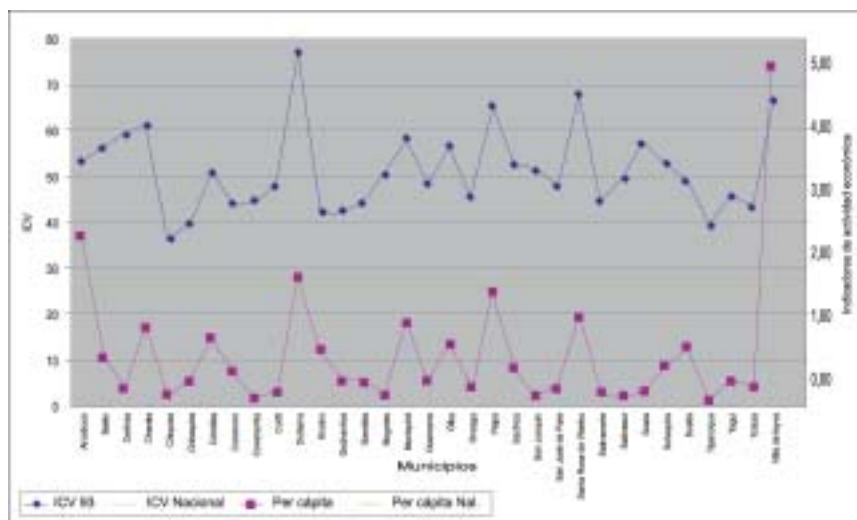


Figura 16. Cambio porcentual en ecosistemas naturales y seminaturales vs. cambio porcentual en ecosistemas transformados  
Fuente: mapas de ecosistemas del corredor nororiental de robles, años 1987 y 2002 (IAvH 2004b)

Así mismo estas variables sociales y económicas se relacionan de forma directa e igualmente significativa con las variables demográficas, (lo cual es consistente con lo esperado, los municipios de mayor actividad económica presentan una elevada población, comparados con el resto de municipios; esta mayor actividad económica garantiza menores niveles de NBI y mayores de ICV). Los municipios con mayores niveles de actividad económica se convierten en polos de desarrollo que a su vez atraen población en busca de un mejor bienestar. En contraposición, la menor actividad económica se asocia a municipios con poca población e índices altos de NBI y bajos de ICV. Esto lo complementa la

asociación directa y significativa encontrada entre ecosistemas con predominancia en cultivos e ICV, municipios con mayor área en ecosistemas asociados a cultivos presentan mayores niveles de calidad de vida.

Tanto las variables de tamaño de población por municipios como las de densidad poblacional resultaron estar correlacionadas en forma directa con el índice de calidad de vida y en forma inversa con el índice de necesidades básicas insatisfechas. Esto corrobora lo mencionado anteriormente sobre las relaciones entre variables sociales y demográficas (Figura 17).





A pesar de la relación directa entre actividad económica y población, es necesario comentar la asociación significativa e inversa entre el indicador de actividad económica y la variable porcentaje de población rural por municipio. Esta correlación indica que los municipios con mayor porcentaje de la población rural se aso-

cian a un indicador de actividad económica menor, esto es coherente ya que los municipios con mayor grado de urbanización (menor porcentaje de población rural) tienden a tener una mayor actividad económica que esta asociada a mayores ingresos y por tanto una mejor calidad de vida (Figura 18).

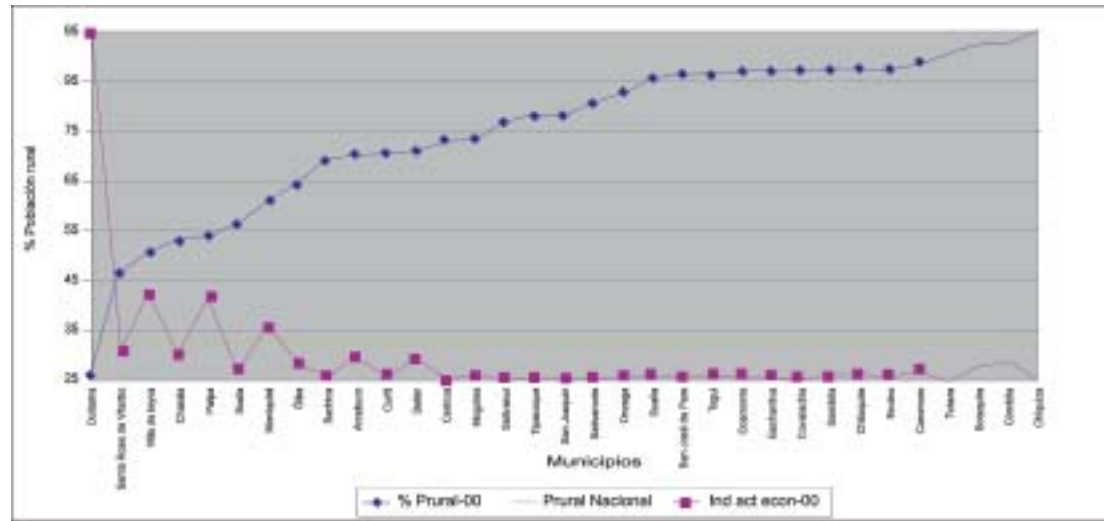


Figura 18. Porcentaje de población rural vs. indicador de actividad económica, año 2000  
Fuente: DNP-UDS-DIOGS, (SISD), 1995-1998. 2002 y DANE. 2004  
Cálculos del IAVH.

Lo mencionado anteriormente se evidencia para todos los años de estudio (1985, 1993 y 2000) y es coherente, pues la mayor parte de su población no se ubica en las cabeceras, y no presenta los grados de urbanización de otras regiones que generan mayores niveles de actividad económica y mejores indicadores de calidad de vida y bienestar.

De otro lado los índices de escasez de agua tanto para año medio como para año seco y para los dos años trabajados: 1996 y 2000, resultaron estar asociados de forma significativa y directa con los indicadores de población y de actividad económica. Lo anterior refleja de alguna forma la presión causada por factores económicos y demográficos sobre los recursos hídricos (escasez

de agua). Sin embargo los indicadores de escasez de agua mostraron una relación significativa inversa con el porcentaje de población rural por municipio, es decir que los municipios con mayor población rural presentan menores niveles de escasez de agua.

La densidad poblacional también resultó asociada de manera directa y significativa con el índice de escasez de agua, mostrando un elemento de presión demográfica.

La tasa de analfabetismo está asociada de forma inversa con los indicadores de actividad económica y los indicadores demográficos;

sin embargo, se evidencia una relación directa con variables como el porcentaje de población rural en los municipios, lo cual puede ser originado por las pocas oportunidades y el difícil acceso a la educación de las personas ubicadas en la zona rural.

Finalmente, al realizar el ajuste de las correlaciones teniendo en cuenta la estructura de autocorrelación espacial correspondientes a las cabeceras municipales del área del corredor nororiental de robles, cerca de 50 correlaciones perdieron significancia; sin embargo ninguna de las correlaciones de importancia en los análisis realizados anteriormente perdió significancia<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup>Este ajuste se realizó empleando el Software: Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographic Exegesis - PASSAGE.

PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN EN EL CORREDOR  
NORORIENTAL DE ROBLES BOYACÁ-SANTANDER

3





Actualmente la priorización de áreas es un ejercicio común y necesario en el ámbito de la conservación de biodiversidad. Esto se debe en parte a la limitación en los recursos existentes para financiar estas acciones y en las amenazas cada día más apremiantes que se ciernen sobre esta diversidad. En muchos casos las prioridades de conservación se han fijado con el concurso de expertos en diferentes grupos biológicos o sistemas naturales a través de talleres de trabajo; los expertos con ayudas cartográficas llegan a consensos respecto a áreas que son fundamentales para la persistencia de varios grupos de especies (TNC 2000, Veríssimo *et al.* 2002).

En la literatura existe una amplia gama de propuestas para establecer las prioridades de conservación en una zona, con base en datos cuantitativos asociados al estado de conservación de esta. Muchas de las propuestas se basan en algoritmos que utilizan información de fragilidad biológica y amenaza para producir un indicador numérico de la prioridad de acción en una zona determinada (Nicolls y Margules 1993, Margules *et al.* 1988).

Algunos autores, se han dedicado a evaluar y comparar los algoritmos en términos de efectividad, eficiencia y representatividad (Mcdonnell *et al.* 2002, Pressey *et al.* 1997, Pressey *et al.* 1996, Pressey y Nicholls 1989). Por su parte, Csuti *et al.* (1997), analizaron críticamente los cinco tipos de algoritmos más utilizados en priorización, comparando el número de especies representadas y el patrón espacial de reservas resultante de cada algoritmo. Al comparar los resultados encontraron que los algoritmos lineales son los únicos que arrojan soluciones óptimas para el problema de selección de reservas ya que seleccionan el máximo número de especies para un número dado de sitios o el mínimo número de sitios para representar todas las especies. Otras aproximaciones utilizan modelos matemáticos simples para calcular valores de prioridad (Arthur *et al.* 2002, Rodrigues *et al.* 2002, Church *et al.* 1996). Sierra *et al.* (2002) estimaron la prioridad de con-

servación para los biomas ecuatorianos usando un modelo lineal que pondera factores de riesgo y características biológicas de los sistemas en estudio.

Otro conjunto de insumos importantes para la priorización de áreas resulta de las aproximaciones para establecer la distribución de especies de interés que se enfocan en conocer la distribución de especies y en identificar los factores bióticos y abióticos que influyen en la ecología de las especies para así poder delimitar los contornos del área de distribución (Sánchez *et al.* 2001). Los métodos empleados para modelar la distribución de especies han sido diversos y van desde simplemente delimitar el contorno del área de distribución hasta el uso de métodos cuantitativos. Por ejemplo Loiselle *et al.* (2003) utilizaron datos de museos y de condiciones ambientales para predecir la distribución potencial de las especies y finalmente procesaron los datos con un algoritmo para selección de reservas en sitios prioritarios. No obstante recomiendan tener precaución con el uso de modelos que sobreestiman la ocurrencia de especies porque pueden desviar las acciones de conservación.

En el presente estudio se utiliza una aproximación similar a la de Sierra *et al.* 2002 para establecer las prioridades de conservación del área; se partió de la selección de cinco variables, dos de las cuales son consideradas como proxy para estimar la amenaza sobre los ecosistemas y biomas de la región y las tres restantes como indicadores del estado de fragilidad biótica del ecosistema.

Con base en los resultados y análisis obtenidos en el aparte anterior, la variable social usada fue la densidad de población humana rural que presenta mayor correlación significativa con el estado de los ecosistemas. Así mismo, la tasa de cambio en la superficie de los biomas fue significativa y permite suponer que estas unidades están sujetas a presiones de transformación diferentes.

Para estimar el estado de conservación de los ecosistemas y biomas se seleccionaron dos variables simples y una compuesta: presencia o ausencia de especies amenazadas de aves de acuerdo con su **rango potencial de distribución**, el grado de representación del ecosistema dentro de áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales y un valor compuesto de fragmentación por bioma.

Las dos primeras variables son simples y la fragmentación resulta de combinar los valores de número de fragmentos (NP), índice del fragmento más grande (LPI), tamaño promedio de fragmento (MPS), índice de forma (SHAPE), dimensión fractal (FRAC), distancia promedio del fragmento al vecino más cercano (ENN), yuxtaposición de fragmentos (IJI), cohesión y contraste entre fragmentos (AI).

En este contexto los valores brutos de cada variable fueron transformados de acuerdo con una escala de valoración entre 1 y 5 (5

incluye los valores más altos para prioridades de conservación y 1 los más bajos) utilizando la metodología de percentiles presentada en los aspectos metodológicos (pag 23). Con los datos de estas cinco variables se identificaron las áreas prioritarias a partir de la siguiente expresión donde se asume que todas las variables tienen el mismo peso:

**Prioridad de conservación** = valor de fragmentación (F) + representatividad (R) + presencia de especies amenazadas (EA) + tasa de cambio (TC) + densidad de población rural (DPR)

La Tabla 32 resume los criterios incorporados en la expresión anterior. A partir de los resultados obtenidos se identificaron las áreas (fragmentos) con prioridades altas de conservación tomando como referencia dos escenarios sutilmente distintos y que proveen información complementaria: prioridades por urgencia y prioridades por factibilidad de gestión.

Tabla 32. Escala de clasificación de los criterios usados para evaluar prioridades de conservación

ÍNDICE	ESCALA DE VALORACIÓN				
	1	2	3	4	5
F					
NP	< 35	36-80	81-112	113-131	> 132
LPI	> 3,59	1,06-3,58	0,52-1,05	0,35-0,51	< 0,34
MPS	> 365	334-364	200-333	136-199	< 135
SHAPE	< 1,88	1,89-1,98	1,99-2,05	2,06-2,13	>2,14
FRAC	< 1,086	1,087-1,097	1,098-1,101	1,100-1,102	>1,103
ENN	> 398	316-397	198-315	127-197	< 126
IJI	> 48,9	43,07-48,8	37,25-43,06	34,69-37,24	< 34,68
COHESION	> 99,7	99,48-99,69	99,30-99,47	98,84-99,29	< 98,83
AI	> 96,86	96,43-96,85	95,63-96,42	95,24-95,62	< 95,23
R	> 10	7,5-10	5,0-7,5	2,5-5,0	< 2,5
TC	0,127 - 0,165	0,165 - 0,307	0,307 - 0,417	0,417 - 0,459	> 0,459
EA	NR	CA	VU	EN	CR
DPR	> 68	42-67	33-41	20-32	0-19

F: índice compuesto de fragmentación; R índice de representatividad de ecosistemas (%); TC: índice de tasa de cambio anual; EA: índice de presencia de especies amenazadas por ecosistema (categoría de amenaza); DPR: densidad de población humana rural (No. hab/km<sup>2</sup>)

Fuente: datos obtenidos en el presente trabajo

El primer escenario se llama **prioridad por urgencia**. En este caso, las áreas prioritarias son aquellas que están sometidas a mayores amenazas de transformación y que presentan mayor fragilidad biótica. Los ecosistemas en esta categoría son aquellos que contienen los mayores valores de todas las variables (Figura 19). Para el área de estudio las zonas de mayor prioridad en este escenario de urgencia son aquellas ocupadas por biomas y ecosistemas secos, concentradas en los municipios de Sáchica, Villa de Leyva (Oeste), en Boyacá y los márgenes este de Tipacoque y Soatá en Santander.

Los ecosistemas incluidos en estas áreas son: 45s-MD3 (vegetación xerofítica seca en depresiones cársticas en montaña disolucional), 47ms-LD2 (vegetación xerofítica seca en lomas y colinas en lomerío disolucional) y 47ms-ME11 (vegetación xerofítica muy seca en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso) y ocupan un extensión aproximada de 4.074 ha. Dentro de este escenario se encuentran también como prioritarios los ecosistemas andinos 24mh-ME13 (BMD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto), 24mh-MF25 (BMD muy húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de rocas félsicas) y 24mh-MF23 (BMD muy húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas) con un área de 15.135 ha y ubicados en límites entre los municipios de Onzaga-Tipacoque, Coromoro-Encino, Toguí-Chitaraque y Suaita-Gambitá-Charalá y el ecosistema subandino 20mh-ME13 (BMD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto) localizado en Suaita con 4.074 ha.

El segundo escenario propuesto es el de **prioridad por factibilidad de gestión**. En este caso se consideran de mayor prioridad las áreas que presentan los mayores valores de fragilidad biótica y menores presiones de transformación. Los biomas y ecosistemas

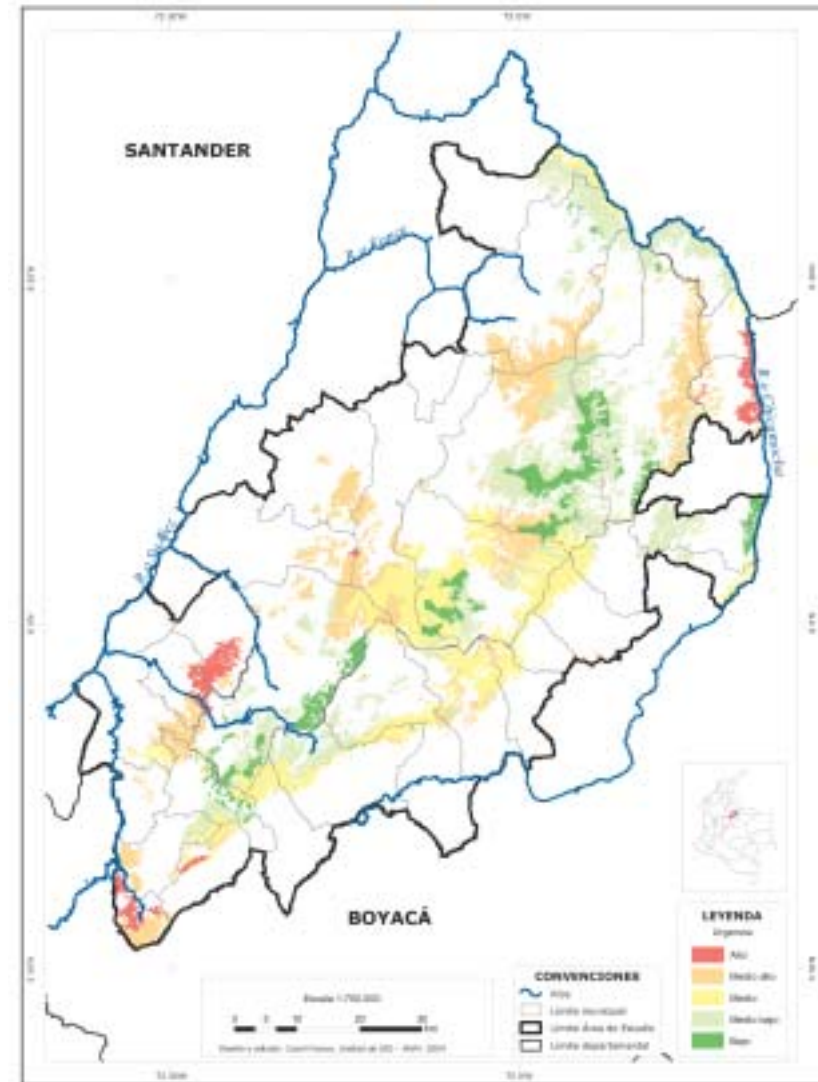


Figura 19. Localización de las áreas para prioridades de conservación por urgencia



con mayor valor en este escenario son aquellos cuyo estado de conservación y contenido de biodiversidad los hacen más frágiles, pero donde es más factible tener éxito con acciones de conservación, dado que la demanda de recursos naturales por la población asentada es menor (Figura 20). Para el área de estudio, las zonas más prioritarias son las que ocupan los relictos de hábitat natural de los municipios de Suaita-Gambita y Charalá, Encino y Coromoro, Mogotes-Coromoro y Charalá y Onzaga en Santander. Estos fragmentos corresponden casi en su totalidad a bosques andinos que ocupan una superficie aproximada de 23.500 ha. Los fragmentos boscosos con mayor prioridad corresponden a los ecosistemas andinos 24mh-ME13 (BMD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto) con cerca de 11.600 ha y 24mh-MF23 (BMD muy húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas) con 4.200 ha. Se destacan los fragmentos de ecosistemas altoandino y de páramo de los municipios de Encino y Coromoro que formar junto con los ecosistemas andinos un fragmento continuo para manejo.

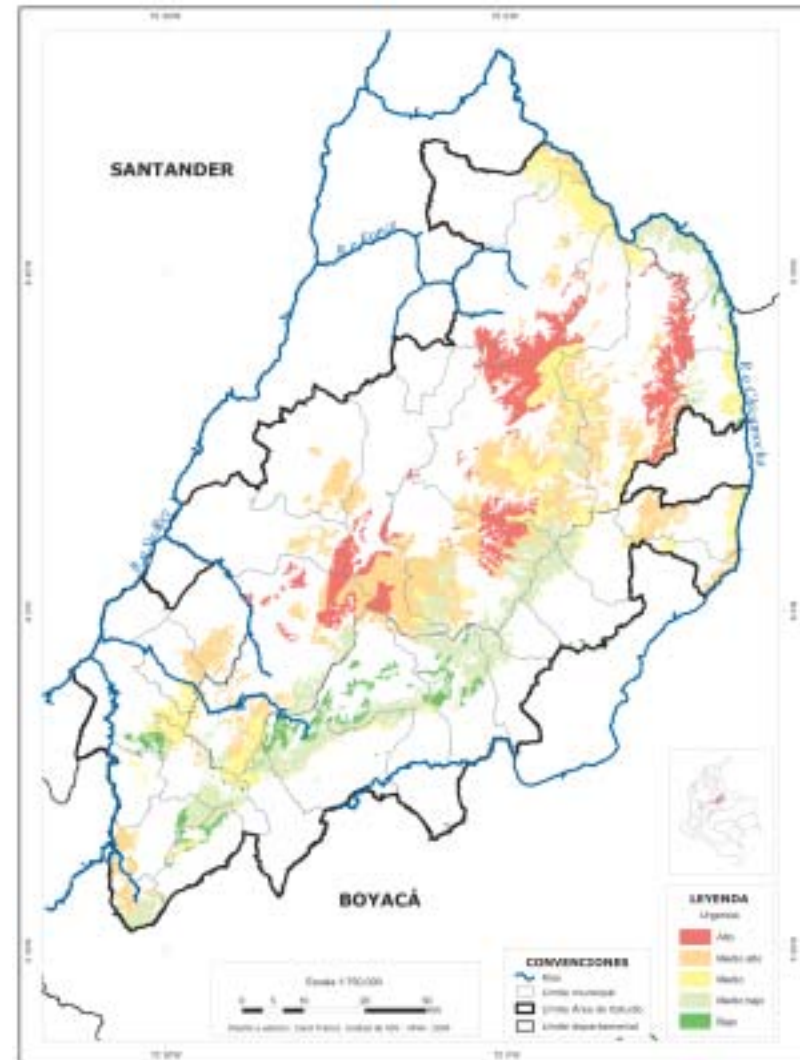


Figura 20. Localización de las áreas para prioridades de conservación por viabilidad de gestión



CONCLUSIONES

4





Conscientes de la necesidad de incorporar cada día elementos conceptuales y metodológicos para el establecimiento de prioridades de conservación en el ámbito de ecosistemas y por ende especies, el estudio presentado hace parte de un ejercicio multidisciplinario entre las diferentes líneas de investigación del Instituto, donde a partir del sistema de indicadores de seguimiento de la Política Nacional de Biodiversidad se busca integrar y analizar los diferentes factores biológicos, sociales, demográficos y económicos de una región, con la única finalidad de orientar acciones de conservación y uso sostenible de los recursos.

La implementación de la Política de Biodiversidad en el ámbito regional, a través del seguimiento, la evaluación de la gestión y del impacto de actuales o futuras acciones de respuesta abre la posibilidad a nuevas investigaciones encaminadas a señalar prioridades específicas de conservación donde las relaciones de la biodiversidad y los procesos sociales logren un equilibrio en pro de su manejo.

La metodología propuesta para la priorización de áreas, construida a partir del análisis de indicadores de ecosistemas y especies, estatus de conservación de especies, estado y presión socioeconómica y demográfica de la población humana y representatividad de las áreas protegidas mostró en su conjunto que los indicadores proveen medios objetivos para evaluar prioridades de conservación en el ámbito regional y los retos futuros están encaminados al mejoramiento de metodologías que integren información más local, involucrando el desarrollo de modelos matemáticos que satisfagan las particularidades tanto biológicas como socioeconómicas de una región.

Se evidencia que no existe una única aproximación para la selección de variables. En la medida que se incorpore información más puntual se abre el panorama de posibilidades para la identifica-

ción de sitios prioritarios para la conservación, ofreciendo a los tomadores de decisiones una mayor perspectiva de las ventajas o limitaciones que implica seleccionar uno u otro esquema donde la incorporación de variables juega un papel importante y decisivo en el momento de identificar sitios estratégicos de conservación.

Si se adopta el escenario de mayor urgencia, se aborda la conservación tratando de atender aquellos elementos más frágiles de la biodiversidad, pero con más riesgo de pérdida de esfuerzos y recursos en la medida que algunos de estos sitios están sujetos a altas presiones de transformación. Si se acoge el esquema de factibilidad de gestión se emprende la conservación en sitios con menor riesgo de desaparecer por presiones antrópicas pero con la incertidumbre de no tener en cuenta elementos valiosos e irremplazables de la biodiversidad de un área.

En el análisis de correlaciones se manifiestan aspectos importantes que muestran características particulares en las asociaciones encontradas de la región, en comparación con otras áreas de Colombia como la zona cafetera occidental (Rincon *et al.* 2004), tales como bajos niveles de calidad de vida y actividad económica y altos niveles de necesidades básicas insatisfechas así como un predominio de la población rural.

No se evidencian correlaciones significativas entre el área en ecosistemas naturales y los indicadores de actividad económica y población total, posiblemente debido a que gran parte de esta región aún no ha pasado por fases fuertes de crecimiento económico y demográfico como otras zonas (a excepción de Duitama y Paipa). De otro lado las asociaciones entre aspectos sociales y económicos resultaron similares a otras áreas del país (Rincón *et al.* 2004) encontrándose una correlación directa entre los indicadores de actividad económica e indicadores como el ICV,

es decir, que un menor indicador de actividad económica se relaciona con municipios que presentan menores niveles de calidad de vida, viéndose la actividad económica como una fuente de un mayor bienestar (Rincón *et al.* 2004). Este hecho convierte a los municipios del corredor, en potenciales generadores de procesos de presión negativa sobre los recursos naturales en la medida que ellos adapten esquemas de desarrollo y crecimiento económico no sostenibles para solucionar problemas prioritarios como las altas tasas de analfabetismo y los bajos niveles de calidad de vida.

Por último se destaca los ecosistemas secos correspondientes al zonobioma alternohígrico tropical y los orobiomas azonales andinos y subandinos, que pese a su alto nivel de degradación y amenaza fueron identificados como áreas para el establecimiento de prioridades de conservación en un escenario de urgencia. Actualmente, es reconocida la importancia biológica de estos enclaves y su falta de representación en el sistema de áreas protegidas de la cordillera Oriental, por lo que la conservación de sus remanentes a través de procesos de recuperación de vegetación se convierten en una prioridad.



ANEXOS

5



## Anexo 1. Leyenda del mapa de ecosistemas del corredor nororiental de robles, año 2002

TIPO GENERAL ÁREA (HA)	BIOMA	ECOSISTEMA		CÓDIGO
<b>DE BIOMA</b>				
Zonobioma alternohígrico y subxerofítico tropical	ZAST cañón del Chicamocha	Vegetación xerofítica seca en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano fino	16-ME9	1931,83
Orobiomas del zonobioma húmedo tropical	Orobioma subandino cordillera Oriental	BMD húmedo en filas y vigas en en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano fino	20h-ME9	146,84
		BMD húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas	20h-MF23	377,36
		BMD muy húmedo en lomas y colinas en lomerío estructural erosional en rocas de grano mixto	20mh-LE11	287,03
		BMD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso	20mh-ME11	364,07
		BMD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto	20mh-ME13	8322,87
		BMD muy húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas	20mh-MF23	233,97
	Orobioma andino cordillera Oriental	BMD húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso	24h-ME11	404,77
		BMD húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto	24h-ME13	5089,90
		BMD húmedo en filas y vigas en montaña estructural erosional derivadas de cenizas volcánicas	24h-ME14	533,66
		BMD húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas	24h-MF23	583,82
		BMD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso	24mh-ME11	26174,53
		BMD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto	24mh-ME13	33363,22
		BMD muy húmedo en filas y vigas en montaña estructural erosional derivadas de cenizas volcánicas	24mh-ME14	27053,19
		BMD muy húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas	24mh-MF23	8229,35
		BMD muy húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de rocas felsicas	24mh-MF25	5836,88
	Orobioma altoandino cordillera Oriental	BBD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso	28mh-ME11	1476,87
		BBD muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto	28mh-ME13	237,16
		BBD muy húmedo en filas y vigas en montaña estructural erosional de cenizas volcánicas	28mh-ME14	3579,01
		BBD muy húmedo en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas	28mh-MF23	310,58
	Orobioma de páramos cordillera Oriental	Subparamo húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso	35h-ME11	437,36
		Subparamo húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto	35h-ME13	639,68
		Subparamo húmedo en lomas y colinas en montaña estructural erosional de grano mixto	35h-ME19	194,82
		Subparamo muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso	35mh-M11	260,63
		Subparamo muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto	35mh-ME13	217,31
		Subparamo muy húmedo en filas y vigas en montaña estructural erosional derivadas de cenizas volcánicas	35mh-ME14	10217,85

Continuación Anexo 1.

TIPO GENERAL	BIOMA	ECOSISTEMA		115,97 CÓDIGO
ÁREA (HA) DE BIOMA		Páramo húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano mixto	36h-ME13	
		Páramo húmedo en crestas y crestones en filas y vigas en montaña estructural erosional derivadas de cenizas volcánicas	36h-ME14	187,34
		Páramo muy húmedo en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso	36mh-ME11	2573,68
Orobiomas azonales del zonobioma húmedo tropical	Orobioma azonal subandino cañón del chicamocha	Páramo muy húmedo en filas y vigas en montaña estructural erosional derivadas de cenizas volcánicas	36mh-ME14	29142,78
		vegetación xerofítica seca en depresiones cársticas en montaña disolucional	45s-MD3	2888,29
		vegetación xerofítica seca en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano fino	45s-ME9	5745,51
		vegetación xerofítica seca en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de cenizas volcánicas	45s-MF23	586,51
		vegetación xerofítica seca en filas y vigas en montaña fluvio gravitacional derivadas de rocas félsicas	45s-MF25	7208,30
		Orobioma azonal andino altiplano cundiboyacense	Arbustal y vegetación xerofítica seca en lomas y colinas en lomerío disolucional	46s-LD2
	Arbustal y vegetación xerofítica muy seca en lomas y colinas en lomerío disolucional		46ms-LD2	182,44
	Arbustal y vegetación xerofítica muy seca en lomas y colinas en montaña estructural erosional de grano mixto		46ms-ME19	146,67
	vegetación xerofítica muy seca en lomas y colinas en lomerío disolucional en rocas calcáreas		47ms-LD2	2984,36
	vegetación xerofítica muy seca en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano grueso		47ms-ME11	218,66
	vegetación xerofítica seca en lomas y colinas en lomerío disolucional en rocas calcáreas		47s-LD2	1856,22
	vegetación xerofítica seca en crestas y crestones en montaña estructural erosional en rocas de grano fino		47s-ME9	1215,96



Continuación Anexo 1.

PISO BIOCLIMÁTICO	ECOSISTEMA TRANSFORMADO	CÓDIGO	ÁREA (HA)
BASAL	Agroecosistemas ganaderos	A4	103,38
	Áreas con predominancia de pastos y cultivos (>70%)	A5	229,99
SUBANDINO	Agroecosistemas de cultivos mixtos	B1	24969,79
	Agroecosistemas cafeteros en asocio	B2	4759,18
	Agroecosistemas ganaderos	B3	41117,43
	Áreas con predominancia de pastos y cultivos (>70%)	B4	115258,17
	Áreas con predominancia de pastos y vegetación secundaria (>70%)	B5	3069,39
	Áreas con predominancia de vegetación secundaria	B6	21082,14
	Áreas con predominancia de vegetación secundaria y bosques (>70%)	B7	8010,75
	Bosque secundario	B8	12872,28
	Áreas con predominancia de cultivos y pastos (>70%)	B10	1528,28
	ANDINO Y ALTOANDINO	Agroecosistemas de cultivos mixtos	C1
Agroecosistemas ganaderos		C2	38271,82
Áreas con predominancia de pastos y cultivos (>70%)		C3	91969,79
Áreas con predominancia de pastos y vegetación secundaria (>70%)		C4	17680,03
Áreas con predominancia de vegetación secundaria		C5	7436,62
Áreas con predominancia de vegetación secundaria y bosques (>70%)		C6	10248,91
Bosque secundario		C7	3422,71
Arbustales secundarios		C8	8088,76
PÁRAMO	Agroecosistemas de cultivos mixtos	D1	3359,06
	Agroecosistemas ganaderos	D2	2911,29
	Áreas con predominancia de pastos y cultivos (>70%)	D3	5642,77
	Áreas con predominancia de pastos y vegetación secundaria (>70%)	D4	2371,74
	Áreas con predominancia de vegetación secundaria	D5	952,90
SUBPÁRAMO	Agroecosistemas ganaderos	E1	4599,11
	Áreas con predominancia de pastos y cultivos (>70%)	E2	10730,27
	Áreas con predominancia de pastos y vegetación secundaria (>70%)	E4	681,05
GENERAL	Plantaciones forestales	Pf	2102,19
	Áreas urbanas	Zu	1577,72
	Áreas erosionadas	Ae	209,07
	Cuerpos de agua (ríos, lagos y lagunas)	Ca	823,68

## Anexo 2. Listado de especies de aves registradas para el área de estudio

FAMILIA	ESPECIE	RESERVA NATURAL	SFF GUANENTÁ	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1	CHORRERA 2	LA COLORADA
		<b>CACHALU</b>	<b>ALTO RÍO FONCE</b>					
Tinamidae	<i>Crypturellus soui</i>	X						
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	X	X					
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	X						
Accipitridae	<i>Accipiter aff. striatus</i>						X	
Accipitridae	<i>Buteo leucorhous</i>			X	X			X
Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	X	X				X	X
Falconidae	<i>Micrastur sp.</i>		X					
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	X	X					
Cracidae	<i>Ortalis motmot</i>	X	X					
Cracidae	<i>Penelope montagnii</i>			X	X	X	X	
Cracidae	<i>Aburria aburri</i>	X						
Phasianidae	<i>Colinus cristatus</i>				X			
Phasianidae	<i>Odontophorus strophium</i>	X	X					
Charadriidae	<i>Vanellus sp.</i>		X					
Scolopacidae	<i>Actitis macularia</i>		X					
Columbidae	<i>Columba fasciata</i>			X	X	X	X	X
Columbidae	<i>Columba subvinacea</i>	X	X					
Columbidae	<i>Geotrygon linearis</i>	X		X	X			
Columbidae	<i>Geotrygon montana</i>			X				
Psittacidae	<i>Pionus chalcopterus</i>		X					
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	X	X			X	X	X
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	X	X					
Cuculidae	<i>Tapera naevia</i>	X	X					
Strigidae	<i>Otus albugularis</i>			X	X	X	X	
Strigidae	<i>Otus choliba</i>	X	X			X		
Strigidae	<i>Otus ingens</i>	X						
Strigidae	<i>Glaucidium jadinii</i>			X	X			
Nycibiidae	<i>cf. Nyctibius griseus</i>	X	X					
Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>		X					
Caprimulgidae	<i>Caprimulgus longirostris</i>					X		X
Apodidae	<i>Cypseloides rutilus</i>						X	
Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	X	X					
Trochilidae	<i>Phaethornis guy</i>	X	X					
Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>							X
Trochilidae	<i>Chlorostilbon poortmanni</i>					X		
Trochilidae	<i>Amazilia franciae</i>	X						

Continuación Anexo 2.

FAMILIA	ESPECIE	RESERVA NATURAL CACHALU	SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1	CHORRERA 2	LA COLORADA
Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>		X					
Trochilidae	<i>Adelomyia melanogenys</i>	X	X					
Trochilidae	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>			X	X			X
Trochilidae	<i>Coeligena bonapartei</i>			X	X			X
Trochilidae	<i>Coeligena prunellei</i>	X	X					
Trochilidae	<i>Heliangelus amethysticollis</i>			X	X	X	X	X
Trochilidae	<i>Eriocnemis cupreiventris</i>			X				
Trochilidae	<i>Eriocnemis vestitus</i>			X	X	X	X	X
Trochilidae	<i>Haplophaedia aureliae</i>	X	X					
Trochilidae	<i>Ocreatus underwoodii</i>	X	X					
Trochilidae	<i>Metallura tyrianthina</i>			X	X	X	X	X
Trochilidae	<i>Agelaiocercus kingi</i>			X				
Trochilidae	<i>Schistes geoffroyi</i>	X						
Trochilidae	<i>Acestrura mulsant</i>					X		
Trogonidae	<i>Pharomachus auriceps</i>	X						
Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	X						
Bucconidae	<i>Malacoptila mystacalis</i>		X					
Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	X	X	X				
Ramphastidae	<i>Andigena sp.</i>						X	
Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	X	X					
Picidae	<i>Veniliomis fumigatus</i>			X	X	X		
Picidae	<i>Piculus rivolii</i>	X	X	X		X	X	X
Picidae	<i>Chrysoptilus punctigula</i>		X					
Dendrocolaptidae	<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	X	X					
Dendrocolaptidae	<i>Xiphorhynchus triangularis</i>	X						
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes affinis</i>			X		X	X	X
Dendrocolaptidae	<i>Campylorhamphus pusillus</i>	X						X
Furnariidae	<i>Synallaxis azarae</i>	X	X	X				X
Furnariidae	<i>Hellmayrea gularis</i>			X	X			
Furnariidae	<i>Margaromis squamiger</i>			X				X
Furnariidae	<i>Premnoplex brunnescens</i>	X	X					X
Furnariidae	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>							X
Furnariidae	<i>Syndactyla subalaris</i>	X	X					X
Furnariidae	<i>Anabacerthia striaticollis</i>	X						

Continuación Anexo 2.

FAMILIA	ESPECIE	RESERVA NATURAL CACHALU	SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1	CHORRERA 2	LA COLORADA
Fumariidae	<i>Xenops rutilans</i>					X	X	
Fumariidae	<i>Sclerurus mexicanus</i>		X					
Formicariidae	<i>Thamnophilus unicolor</i>	X						
Formicariidae	<i>Dysithamnus mentalis</i>	X	X					
Formicariidae	<i>Grallaria hypoleuca</i>	X						
Formicariidae	<i>Grallaria ruficapilla</i>	X		X	X	X	X	X
Formicariidae	<i>Grallaria rufula</i>			X	X			
Formicariidae	<i>Grallaria squamigera</i>			X	X			
Formicariidae	<i>Grallaricula flavirostris</i>	X	X					
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus cf. griseicollis</i>			X	X		X	
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus cf. unicolor</i>	X						
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus sp.</i>			X	X	X	X	X
Tyrannidae	<i>Zimmerius viridiflavus</i>					X	X	X
Tyrannidae	<i>Elaenia frantzii</i>	X		X		X	X	X
Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	X		X	X	X	X	X
Tyrannidae	<i>Mecocerculus stictopterus</i>					X		X
Tyrannidae	<i>Mionectes olivaceus</i>		X					
Tyrannidae	<i>Mionectes cf. striaticollis</i>		X					
Tyrannidae	<i>Pogonotriccus sp.</i>			X				
Tyrannidae	<i>Lophotriccus pileatus</i>		X					
Tyrannidae	<i>Platyrinchus mystaceus</i>	X	X					
Tyrannidae	<i>Myiotriccus ornatus</i>		X					
Tyrannidae	<i>Pyrrhomyias cinnamomea</i>		X	X		X	X	X
Tyrannidae	<i>Contopus fumigatus</i>							X
Tyrannidae	<i>Contopus cf. cinereus</i>							X
Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>		X					
Tyrannidae	<i>Silvicultrix diadema</i>			X	X		X	X
Tyrannidae	<i>Silvicultrix frontalis</i>				X			
Tyrannidae	<i>Myiotheretes fumigatus</i>			X				
Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>		X					
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	X	X					
Tyrannidae	<i>Tyrannus savana</i>		X					
Tyrannidae	<i>Pachyramphus sp.</i>		X					
Pipridae	<i>Masius chrysopterus</i>	X	X					
Cotingidae	<i>Pipreola riefferii</i>	X		X				
Cotingidae	<i>Rupicola peruviana</i>	X	X					

Continuación Anexo 2.

FAMILIA	ESPECIE	RESERVA NATURAL SFF CACHALU	GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1	CHORRERA 2	LA COLORADA
Hirundinidae	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	X	X					
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	X	X					
Troglodytidae	<i>Cinnycerthia unirufa</i>			X	X			
Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>			X				
Troglodytidae	<i>Thryothorus mystacalis</i>							X
Troglodytidae	<i>Thryothorus sp.</i>	X						
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	X		X	X			X
Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>	X	X	X	X	X	X	X
Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>		X					
Turdinae	<i>Myadestes ralloides</i>	X	X					
Turdinae	<i>Catharus minimus</i>		X					
Turdinae	<i>Turdus fuscater</i>	X		X	X	X	X	X
Emberizinae	<i>Zonotrichia capensis</i>	X	X	X		X		
Emberizinae	<i>Volatinia jacarina</i>		X					
Emberizinae	<i>Sporophila nigricollis</i>		X					
Emberizinae	<i>Tiaris olivacea</i>		X					
Emberizinae	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	X				X	X	X
Emberizinae	<i>Buarremon brunneinuchus</i>	X	X	X				X
Emberizinae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>			X				
Emberizinae	<i>Atlapetes schistaceus</i>		X	X	X			X
Emberizinae	<i>Buarremon torquatus</i>			X				
Catamblyrhynchinae	<i>Catamblyrhynchus diadema</i>			X	X			X
Thraupinae	<i>Chlorospingus canigularis</i>				X			
Thraupinae	<i>Chlorospingus ophthalmicus</i>			X	X	X	X	X
Thraupinae	<i>Hemispingus atropileus</i>			X	X			
Thraupinae	<i>Hemispingus frontalis</i>				X			
Thraupinae	<i>Hemispingus superciliaris</i>			X				
Thraupinae	<i>Tachyphonus rufus</i>		X					
Thraupinae	<i>Piranga rubra</i>		X					
Thraupinae	<i>Thraupis cyanocephala</i>							X
Thraupinae	<i>Thraupis episcopus</i>	X	X					
Thraupinae	<i>Thraupis palmarum</i>		X					

4. Corredor nororiental de robles: indicadores de estado de la biodiversidad, factores antrópicos asociados y áreas prioritarias de conservación

Continuación Anexo 2.

FAMILIA	ESPECIE	RESERVA NATURAL CACHALU	SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1	CHORRERA 2	LA COLORADA
Thraupinae	<i>Buthraupis montana</i>			X				
Thraupinae	<i>Anisognathus flavinucha</i>	X	X					
Thraupinae	<i>Anisognathus igniventris</i>			X	X			X
Thraupinae	<i>Dubusia taeniata</i>							X
Thraupinae	<i>Euphonia xanthogaster</i>	X	X					
Thraupinae	<i>Tangara nigroviridis</i>							X
Thraupinae	<i>Tangara vassorii</i>							X
Thraupinae	<i>Tangara vitriolina</i>		X					
Thraupinae	<i>Tangara sp.</i>						X	
Thraupinae	<i>Diglossa albilatera</i>	X		X	X	X	X	X
Thraupinae	<i>Diglossopsis caerulescens</i>			X	X		X	X
Thraupinae	<i>Diglossa humeralis</i>			X	X			X
Thraupinae	<i>Diglossopsis cyanea</i>			X	X	X	X	X
Parulinae	<i>Mniotilta varia</i>	X	X				X	
Parulinae	<i>Dendroica fusca</i>	X	X					
Parulinae	<i>Wilsonia canadensis</i>	X	X					X
Parulinae	<i>Myioborus miniatus</i>	X	X	X				
Parulinae	<i>Myioborus ornatus</i>			X	X	X	X	X
Parulinae	<i>Basileuterus coronatus</i>	X	X	X				X
Parulinae	<i>Basileuterus luteoviridis</i>	X						
Parulinae	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>			X	X			X
Parulinae	<i>Basileuterus tristriatus</i>	X	X					
Parulinae	<i>Conirostrum albifrons</i>			X			X	X
Parulinae	<i>Coereba flaveola</i>		X					
Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i>	X				X	X	X
Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	X				X	X	X
Icteridae	<i>Cacicus leucoramphus</i>			X				
Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	X	X					X
Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	X	X					

## Anexo 3. Listado de especies de las familias Melastomataceae y Rubiaceae registradas para el área de estudio

FAMILIA	ESPECIE	LOCALIDAD												
		RESERVA NATURAL CACHALU	CUCHILLA DEL FARA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	LA SIERRA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES BAJO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES ALTO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	EL VENADO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CAÑÓN DEL RÍO POMECA	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1 Y 2	LA COLORADA	ARCABUCO	SAN PEDRO DE IGUAQUE
Melastomataceae	<i>Axinaea macrophylla</i> Triana									X	X	X	X	X
	<i>Axinaea scutigera</i> Triana						X						X	
	<i>Blakea aff. holtonii</i> Hochr.		X											
	<i>Blakea aff. schultzei</i> Markgraf ex Chr.	X	X											
	<i>Blakea andreana</i>			X										
	<i>Blakea cuatrecasasii</i>			X										
	<i>Blakea granatensis</i> Naudin	X		X										
	<i>Bucquetia glutinosa</i> (L.f.) DC				X									
	<i>Castratella piloselloides</i> (Bonpl.) Naudin										X			
	<i>Centronia brachycera</i> (Naudin) Triana	X						X	X	X			X	
	<i>Centronia dichromantha</i> L. Uribe				X	X	X							
	<i>Centronia haemantha</i> (Pl. & Lindl.) Triana		X	X				X						
	<i>Conostegia tenuifolia</i> J.D. Smith	X												
	<i>Graffenrieda conostegioides</i> Triana	X												
	<i>Graffenrieda cucullata</i> (Pavon ex D. Don) Triana												X	
	<i>Graffenrieda gracilis</i> (Triana) L. Wms	X												
	<i>Graffenrieda latifolia</i> (Naudin) Triana	X												
	<i>Graffenrieda uribei</i> Wurdack			X	X		X	X						
	<i>Henriettella odorata</i> Markgraf	X												
	<i>Henriettella tuberculosa</i> Don. Smith.	X												
	<i>Huilaea macrocarpa</i> Uribe			X				X					X	
	<i>Killipia aff. verticalis</i> Ruiz-Rodyers							X						
	<i>Meriania aff. hexamera</i> Sprague	X												
	<i>Meriania longifolia</i> (Naudin) Cogn.	X								X				
	<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack									X				
	<i>Miconia aff. adinantha</i> Wurdack	X								X				
	<i>Miconia aff. alborosea</i> L. Uribe									X				
	<i>Miconia aff. asperima</i> Triana									X				
	<i>Miconia aff. brachygyna</i> Gleason	X	X							X				
	<i>Miconia aff. coronata</i> (Bonpl.) DC.									X				
<i>Miconia aff. cremophylla</i> Naudin									X					

Continuación Anexo 3.

FAMILIA	ESPECIE	LOCALIDAD												
		RESERVA NATURAL CACHALU	CUCHILLA DEL FARA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	LA SIERRA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES BAJO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES ALTO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	EL VENADO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CAÑÓN DEL RÍO POMECA	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1 Y 2	LA COLORADA	ARCABUCO	SAN PEDRO DE IGUAQUE
Melastomataceae	<i>Miconia aff. lateriflora Cogn.</i>	X						X						
	<i>Miconia aff. ligustrina (Sm.) Triana</i>		X					X	X					
	<i>Miconia alborosea L. Uribe</i>								X		X	X	X	
	<i>Miconia cataractae Triana</i>						X		X	X	X	X	X	X
	<i>Miconia cf. turgida</i>			X										
	<i>Miconia eremita Uribe</i>	X												
	<i>Miconia floribunda (Bonpl.) DC.</i>	X		X										
	<i>Miconia aff. grandiflora Cogn.</i>						X							
	<i>Miconia gracilis Triana</i>	X	X											
	<i>Miconia lehmannii Cogniaux</i>	X		X				X						
	<i>Miconia multiplinervia Cogn.</i>		X	X										
	<i>Miconia resima Naudin</i>							X						
	<i>Miconia smaragdina Naudin</i>	X												
	<i>Miconia squamulosa (Sm.) Tr</i>								X		X	X		X
	<i>Miconia summa Cuatr.</i>								X	X				
	<i>Miconia theaezans Cogn.</i>			X					X			X		
	<i>Miconia velutina Triana</i>		X											
	<i>Monochaetum bonplandii (Kunth) Naudin</i>							X						
	<i>Monochaetum myrtoideum (Bonpl.) Naudin</i>							X	X		X	X	X	X
	<i>Monochaetum uribei Wurdack</i>							X						
<i>Tibouchina grossa (L.F.) Cogniaux</i>								X						
<i>Tibouchina lepidota (Bonpl.) Bailon</i>		X												
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum (H.B.K.) Schlecht.</i>								X					
	<i>Borojoa claviflora (K. Schum.) Cuatrec.</i>	X												
	<i>Chomelia barbellata Standl.</i>							X						
	<i>Cinchona henleana Karst.</i>		X											
	<i>Cinchona lancifolia Mutis</i>							X			X			
	<i>Cinchona pubescens Vahl</i>	X												
	<i>Coussarea macrocalyx Standl.</i>	X												
	<i>Dioicodendron dioicum (Schum. &amp; Krause)</i>													
<i>Steyeria</i>							X							



Continuación Anexo 3.

FAMILIA	ESPECIE	LOCALIDAD														
		RESERVA NATURAL CACHALU	CUCHILLA DEL FARA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	LA SIERRA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES BAJO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES ALTO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	EL VENADO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CAÑÓN DEL RÍO POMECA	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1 Y 2	LA COLORADA	ARCABUCO	SAN PEDRO DE IGUAQUE		
Rubiaceae	<i>Elaeagia karstenii</i> Standl.	X														
	<i>Elaeagia pastoensis</i> Mora										X					
	<i>Faramea flavicans</i> (H.B.K.) Standl.	X		X						X				X		
	<i>Faramea multiflora</i> Rich.	X	X													
	<i>Faramea oblongifolia</i> Standl.	X														
	<i>Galium canescens</i> Kunth									X	X					
	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Griseb.									X			X			
	<i>Guettarda crispiflora</i> Vahl	X														
	<i>Hillia macrophylla</i> Standl.		X													
	<i>Hillia parasitica</i> Jacq.	X	X	X				X	X							
	<i>Hoffmannia pauciflora</i> Standl.	X														
	<i>Hoffmannia sprucei</i> Standl.			X												
	<i>Ladenbergia macrocarpa</i> Vahl			X	X			X	X	X	X		X			
	<i>Ladenbergia magnifolia</i> (R. & P.) Kl.	X	X													
	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. Ex Mutis) Andersson								X			X				
	<i>Leptostigma cf. pilosum</i> (Benth.) Fosberg									X						
	<i>Nertera granatensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce									X	X					
	<i>Palicourea angustifolia</i> H.B.K.	X	X									X	X	X		
	<i>Palicourea cf. apicata</i> H.B.K.			X	X											
	<i>Palicourea cf. boyacana</i> Standl.			X												
	<i>Palicourea candida</i> C.M. Taylor				X											
	<i>Palicourea cf. vagans</i> Wernham	X		X				X	X							
	<i>Palicourea demissa</i> Standl.	X							X							
	<i>Palicourea garciae</i> Standl.								X							
	<i>Palicourea lineariflora</i> Wernham	X										X	X	X	X	
	<i>Palicourea lyristipula</i> Wernham	X								X	X	X				
	<i>Palicourea vaginata</i> Benth.			X												
	<i>Posoqueria coriacea</i> M. Mart. & Gal.	X														
	<i>Psychotria acuminata</i> Benth.	X	X							X						
	<i>Psychotria aff. siggersiana</i> Standl.									X						

Continuación Anexo 3.

FAMILIA	ESPECIE	LOCALIDAD													
		RESERVA NATURAL CACHALU	CUCHILLA DEL FARA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE	LA SIERRA SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES BAJO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CHONTALES ALTO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	EL VENADO SFF GUANENTÁ ALTO RÍO FONCE*	CAÑÓN DEL RÍO POMECA	CARRIZAL 1 Y 2	MORRO NEGRO	CHORRERA 1 Y 2	LA COLORADA	ARCABUCO	SAN PEDRO DE IGUAQUE	
Rubiaceae	<i>Psychotria amita Standl.</i>	X								X				X	X
	<i>Psychotria aubletiana Steyerm.</i>	X	X	X					X						
	<i>Psychotria cauligera C.M. Taylor</i>		X												
	<i>Psychotria cf. guadalupensis (DC.) Howard</i>		X												
	<i>Psychotria erythrocephala (Schum. &amp; Krause) Standl.</i>	X	X												
	<i>Psychotria longipedunculoides C.M. Taylor</i>	X										X			
	<i>Psychotria lucentifolia (Blake) Steyerm.</i>	X													
	<i>Psychotria macrophylla Ruiz &amp; Pavon</i>	X													
	<i>Psychotria pithecobia Standl.</i>							X							
	<i>Psychotria plagiantha (Standl.) C.M. Taylor</i>	X								X					
	<i>Psychotria rufiramea Standl.</i>	X								X					
	<i>Raritebe palicouroides Wernham</i>		X												
	<i>Rudgea cf. marginata Standl.</i>			X											
	<i>Sabicea cf. panamensis Wernham</i>		X												
	<i>Sabicea glomerata Wernham</i>	X													
	<i>Schradera andina Steyerm.</i>		X												
	<i>Spermacoce verticillata L.</i>								X						
	<i>Tocoyena costanensis Steyerm.</i>	X		X						X					

\* Galindo *et al.* 2003



BIBLIOGRAFÍA

6



- Álvarez, M., A.M. Umaña y M.J. Delgado. 2000. Compendio Ornitológico de Colombia (Base de Datos). Compiladores: María Fernanda Gómez, Sergio Córdoba, Lorena Franco, Carolina Roa, Marcela Sarria. Programa Inventarios de la Biodiversidad. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Villa de Leyva, Colombia.
- Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and models*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Anselin, L. & A.K. Bera. 1996. *Spatial Dependence in Linear Regression Models with an Introduction to Spatial Econometrics*, Research Paper 9617, Regional Research Institute, West Virginia University, Morgantown, WV.
- Arango, N., D. Armenteras, M. Castro, T. Gottsmann, O. L. Hernández, C.L. Matallana, M. Morales, L.G. Naranjo, L.M. Renjifo, A.F. Trujillo y H.F. Villareal. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. WWF Colombia-Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 64 p.
- Armenteras, D., F. Gast & H. Villareal (2003) Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*, 113 (2): 245-256
- Armenteras, D., y M. Morales. 2003. La representatividad ecosistémica como uno de los elementos para la evaluación y diseño de áreas protegidas. Documento interno. Instituto Alexander von Humboldt. Unidad de Sistemas de información Geográfica. Bogotá.
- Arthur, J. L., R.G. Haight, C. A. Montgomery & S. Polasky. 2002. Analysis of the threshold and expected coverage approaches to the probabilistic reserve site selection problem. *Environmental Modeling and Assessment*, 7: 81- 89.
- Awimbo, J.A., Norton, D.A. & Overmars, F.B. 1996. An evaluation of representativeness for nature conservation, Hokitika ecological District, New Zealand. *Biological Conservation* 75: 177-186
- Calderón, E. 2001. Listas rojas preliminares de plantas vasculares de Colombia, incluyendo orquídeas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. URL: <http://www.humboldt.org.co/conservación/ame-nazadas/taxa-amennaza.html>.
- Cavelier, J. 1998. Formaciones xerofíticas y subxerofíticas. En: Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad 1997 Colombia. M.E. Chaves y N. Arango (ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Santafé de Bogotá, Tomo I.
- Church, R. L., D. M. Stoms & F. W. Davis. 1996. Reserve selection as a maximal covering location problem. *Biological Conservation*, 76: 105-112.
- Churchill, S. P., H. Balslev, E. Forero & J. L. Luteyn (eds.) 1995. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Clifford, P., S. Richardson & D. Hemon. 1989. Assessing the Significance of the Correlation between Two Spatial Processes, *Biometrics*, Vol. 45 (1): 123-134
- Colwell, R.K. & J. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 345: 101-118.
- Csuti, B., S. Polasky, P. Williams, R. Pressey, J. Camm, M. Kershaw, R. Kiester, B. Downs, R. Hamilton, M. Huso & K. Sahr. 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological conservation*, 80: 83-97
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 1998. Colombia proyecciones municipales de población por área 1995 - 2005
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2002. I Censo nacional del cultivo de la papa.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2004. [http://www.dane.gov.co/inf\\_est/pib.htm](http://www.dane.gov.co/inf_est/pib.htm). [F. consulta: 20040302].
- DNP, Departamento Nacional de Planeación, Unidad de Desarrollo Social (UDS), Misión Social y División Indicadores y Orientación del Gasto Social (DIOGS). 1995-1998 y 2000. Sistema de Indicadores Socio-Demográficos para Colombia -SISD- (v.1.0). Santafé de Bogotá.
- Dutilleul, P. 1993. Modifying the *t* Test for Assessing for Correlation Between Two Spatial Process, *Biometrics*, Vol. 49: 301-314.
- Fundación Social. 1998. Municipios y regiones de Colombia: una mirada desde la sociedad civil. Bogotá, Colombia.
- IAvH, Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2004a. Mapa de ecosistemas de los Andes colombianos año 2000. Escala 1:1.500.000

- IvH, Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2004b. Mapas de ecosistemas del corredor nororiental de robles, años 1987 y 2002. Escala 1:250.000
- Galindo, R., J. Betancur y J. Cadena. 2003. Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del Santuario de Fauna y Flora Guantá-Alto Río Fonce, Cordillera Oriental, colombiana. *Caldasia* 25(2): 313-335.
- Garcés, D.M. y S. de La Zerda. 1994. Gran libro de los Parques Nacionales de Colombia. Intermedio editores. Bogotá, 230 p.
- Gascon, C., T. E. Lovejoy, R.O Bierregaard (Jr.), J.R. Malcolm, P. C., Stouffer, H. L. Vasconcelos, W. F. Laurance, B. Zimmerman, M. Tocher & S. Borges. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants, *Biological Conservation* 91(2): 223-229
- Josse, C. & H. Baslev. 1994. The composition and structure of a dry, semideciduous forest in western Ecuador. *Nordic Journal of Botany*. 14: 425-434.
- Henderson, A., S.P. Churchill & J.L. Luteyn. 1991. Neotropical plan diversity. *Nature* 351: 21-22.
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales. 2000. Estudio nacional del agua. Bogotá.
- Loiselle, B., C. Howell, C. Graham, J. Goerck, T. Brooks, K. Smith & P. Williams. 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology*, 17 (6): 1591-1600.
- Margules, C.R., A.O. Nicholls & R.L. Pressey. 1988. Selecting networks of reserve to maximise biological diversity. *Biological Conservation* 43: 63-76.
- McDonnell, M.D., H.P. Possingham, I.R. Ball & E.A. Cousins. 2002. Mathematical methods for spatially cohesive reserve design. *Environmental Modeling and Assessment* 7: 107-114
- McGarigal, K. & B. D. Marks (1995) Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Mendoza, H. 1999. Estructura y riqueza florística del Bosque seco Tropical en la región Caribe y el valle del Río Magdalena, Colombia. *Caldasia* 21 (1): 70-94.
- Mendoza, H., B. Ramírez y L.C. Jiménez. 2004. Rubiaceae de Colombia – Guía ilustrada de géneros. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 351 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2002. Anuario Estadístico del Sector Agropecuario
- Nicolls, A. O. & C. R. Margules. 1993. An upgraded reserve selection algorithm. *Biological Conservation*. 64: 165-169
- Noss, R.F. 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology*, vol 4 (4): 355-364
- Mittermeier, R. A., Myers, N., Robles, P. & Mittermeier, C.G. 1999. Biodiversidad Amenazada. Las Ecorregiones Terrestres Prioritarias del Mundo, CEMEX & conservación Internacional. 430 p.
- O'Neill, R. V., J. Bruce, K.H. Riitters, J.D. Wickham, & I. A. Goodman. 1994. *Landscape Monitoring and Assessment research Plan*. Environmental Monitoring Systems Laboratory. Office of research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. Las Vegas, N.V.
- Ortiz, N., N. Bernal, J.C. Betancourth y M.O. López. 2004. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia: aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto Alexander von Humboldt. Serie: Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia, Número 1. Bogotá
- Parker, T. A., D. F. Stotz & J. W. Fitzpatrick. 1996. Ecological and distributional database for Neotropical birds. Chicago: Chicago University Press.
- Pressey, R. L., H. P. Possingham & C.R. Margules. 1996. Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much?. *Biological Conservation*, 76, 259-267.
- Pressey, R.L. & A. O. Nicholls. 1989. Efficiency in Conservation Evaluation: Scoring versus Iterative Approaches. *Biological Conservation*. 50: 199-218.
- Pressey, R. L., H. P. Possingham & Day, J. R. 1997. Effectiveness of alternative heuristic algorithms for identifying indicative minimum requirements for conservation reserves. *Biological Conservation*, 80: 207-219

- Renjifo, L.M., A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.H. Kattán y B. López-Lánus (eds.). 2002. Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerios del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Rincón, A., D. Armenteras, N. Ortiz, D.P. Ramírez y E. Cabrera. 2004. Indicadores de seguimiento y evaluación de la Política Nacional de Biodiversidad en la zona cafetera occidental: avances metodológicos y resultados. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá
- Rodríguez, D. Armenteras, M. Morales y M.H. Romero. 2004. Ecosistemas de los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, p.155
- Rodrigues, A. S., K. J. Gaston & R. D. Gregory. 2000. Using presence-absence data to establish reserve selection procedures that are robust to temporal species turnover. *The Royal Society*, 267: 897-902
- Romero, M., S. Sua, N. Rodríguez, G. Rudas y D. Armenteras. 2004. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonía colombiana: Aspectos metodológicos y resultados. IAvH. Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de Política de Biodiversidad. Numero 2. Bogota
- Rudas, G., D. Armenteras, S. Sua y N. Rodríguez. 2002. Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Informe final de resultados. Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Instituto Humboldt, CDA, Corpoamazonia, Cormacarena, Instituto Sinchi, Unidad de Parques, Ministerio del Medio Ambiente (Crédito BID 774 OC/CO), Bogotá, Colombia.
- Rudas, G. 2003. Desarrollo del Conocimiento de los Ecosistemas y de las Presiones Antrópicas sobre la Biodiversidad en la Orinoquia Colombiana. Informe Final. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- Russell A. Mittermeier, Myers, N. Robles Gil P. Mittermier, C. Biodiversidad Amenazada. Las ecorregiones terrestres prioritarias del mundo. CEMEX. Conservación Internacional. I. ed. 1997. 431 p.
- Sarmiento, A., C. Ramírez, S. Carrizosa, F.A. Galán y G. Rudas. 2000. Sistema de Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad en los Andes Colombianos: Fundamentos Conceptuales y Metodológicos. Instituto Alexander von Humboldt, Conservación Internacional-Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Bogotá.
- Sánchez, V., P. Townsend y Escalante, P. 2001. El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. En Hernández, H., García, A., Álvarez, F. & Ulloa, M. (Comps.). 2001. Enfoque contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM, México, 359-379 p.
- Saunders, D., R.J. Hobbs & C. R. Margules. 1991 Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review, *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Sierra, R., F. Campos & Chamberlin, J. 2002. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and urban planning* 59. 95-110.
- Stiles, F.G. 1998. Aves endémicas de Colombia pp.378-385, 428-432. En: Informe Nacional Sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia. Tomo I. Diversidad biológica. M.E. Chaves y N. arango (ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio de Medio Ambiente, Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Stotz, D., F., J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III & D. K. Moskovitz. 1996. Neotropical Birds: Ecology and Conservation. University of Chicago Press. Chicago
- TNC, The Nature Conservancy. 2000. Diseño de una geografía de la Esperanza. Manual para la planificación de la conservación ecorregional, volumen I y II. Segunda ed. 215 p.
- Turner, M.G., R. H. Gardner & R. V. O'Neill. 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer, New York.
- UICN. 2001. Categorías y criterios de la lista roja de la UICN: Versión 3.1 Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 33 pp. <http://www.iucn.org/themes/ssc/redlists/redlistcatspanish.pdf>.
- Veríssimo, A., M. A., Cochrane., C. Souza & R. Salomão. 2002. Priority areas for establishing national forest in the Brazilian Amazon. *Conservation Ecology*. 6 (1): 4.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña, 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto Alexander von Humboldt, Programa de Inventarios de Biodiversidad. Bogotá, Colombia. 243 p.

## SERIE: INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA DE BIODIVERSIDAD

1. Sistema de indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en Colombia: aspectos conceptuales y metodológicos
2. Sistema de Indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia Colombiana: aspectos metodológicos y resultados
3. Indicadores de seguimiento y evaluación de la Política Nacional de Biodiversidad en la zona cafetera occidental: avances metodológicos y resultados.
4. Corredor nororiental de robles: indicadores de estado de la biodiversidad, factores antrópicos asociados y áreas prioritarias de conservación