

# Zonificación ambiental preliminar del corredor de páramo y bosque alto andino Iguaque–La Rusia–Guantiva, departamentos de Boyacá y Santander

OMAR JAVIER DAZA LEGUIZAMÓN<sup>1</sup>  
RIGAUD SANABRIA MARIN<sup>2</sup>  
YIMY HERRERA MARTÍNEZ<sup>3</sup>  
MIGUEL BARRERA RODRÍGUEZ<sup>4</sup>  
FAUSTO SÁENZ JIMÉNEZ<sup>5</sup>  
EDWIN ALBERTO AMADO BARÓN<sup>6</sup>

- 
- <sup>1</sup> Ingeniero Civil - Joven Investigador, 2008  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Grupo de Investigación en Geomática y Ambiente - GIGA  
Correo: kianos1a@gmail.com
- <sup>2</sup> Ingeniero de Sistemas - Coordinador Grupo GIGA - Tutor  
Correo: sanabriarigaud@yahoo.com
- <sup>3</sup> Biólogo - Coordinador Grupo de Investigación XIUA  
Correo: yimyherrera@yahoo.com
- <sup>4</sup> Biólogo - Integrante Grupo de Investigación XIUA  
Correo: miguelitoparamo@yahoo.com
- <sup>5</sup> Biólogo - Integrante Grupo de Investigación XIUA  
Correo: fsaenzj@gmail.com
- <sup>6</sup> Ingeniero Civil - Integrante Grupo de Investigación GIGA  
Correo: edwin\_alberto\_amado\_baron@hotmail.com

## Resumen

Se presentan resultados preliminares de la zonificación ambiental del corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque-La Rusia-Guantiva. Se empleó análisis de imagen y sistemas de información geográfica para zonificar ecosistemas, trabajo de campo para determinar zonas de conservación y recuperación y análisis de comunidades bióticas para caracterizar los ecosistemas. La zonificación preliminar a 1:100.000 se realizó con imágenes LANDSAT, apoyada en registros de GPS, fotografías terrestres, modelo digital de elevación y fuentes secundarias. Se obtuvieron 100 clases mediante clasificación no supervisada y se agruparon en 11 categorías basadas en la nomenclatura del proyecto Corine Land Cover para Colombia. De 2947 km<sup>2</sup> del corredor, se encontró que 420 km<sup>2</sup> corresponden a páramo y 1216 km<sup>2</sup>, a bosque, con predominio del bosque de roble *Quercus humboldtii*; por tal razón se seleccionó como la unidad de muestreo el Parque Natural Municipal Robledales, de Tipacoque, en el cual se evaluó flora y fauna silvestre. Se realizaron levantamientos de vegetación mediante transectos de 50 m por 5 m; igualmente, se hicieron muestreos de aves, anfibios y mamíferos, utilizando redes de niebla, trampas de golpe, captura manual y observación directa. Se encontraron 29 familias de plantas, distribuidas en 40 géneros y 49 especies; las familias de mayor número de especies son Asteraceae, Ericaceae y Rubiaceae; los géneros más variados son *Miconia* y *Beffaria*; el roble es la especie con mayor densidad. En aves se encontró predominio de *Turdus fuscater*, *Columba fasciat* y *Coeligena prunellei*. En mamíferos hay dominancia de ardillas *Sciurus granatensis*; por información secundaria se registraron especies de mamíferos pequeños y medianos. Solamente se registró una especie de anfibios, *Eleutherodactylus lynchi*.

## INTRODUCCIÓN

Para el departamento de Boyacá se reconocen dos corredores de páramo: el occidental y el oriental, separados por el valle alto y medio del río Chicamocha. El Corredor Occidental, conocido como Iguaque–La Rusia–Guantiva (con área en el departamento de Santander) o corredor de robles, se encuentra altamente intervenido debido a la cercanía de grandes centros poblados, como Tunja, Paipa, Duitama, Belén y Soatá, y a la alta demanda de servicios ambientales para el desarrollo de actividades agropecuarias e industriales; este corredor, con menor altitud en relación con el Corredor Oriental, presenta características insulares muy marcadas; sin embargo, está directamente asociado con las franjas de bosque de robles más importantes del país, las cuales representan un refugio para la flora y la fauna silvestre de alta montaña; los ecosistemas de alta montaña localizados en el corredor tienen gran importancia estratégica, por los servicios ambientales que ofrecen, representados tanto en biodiversidad como en oferta hídrica y regulación hidrológica, tanto para Boyacá como para Santander.

Las comunidades de la región necesitan conocer la diversidad e importancia de especies, para realizar su adecuado aprovechamiento y garantizar el desarrollo sostenible. Igualmente, es necesario definir las políticas de manejo de estos ecosistemas de alta montaña, factores que son determinantes de la producción agropecuaria de la región.

En épocas recientes la ecología se ha apoyado en la geomática para desarrollar proyectos que han permitido realizar análisis biológicos a grandes escalas, facilitando la planificación del territorio sobre un mejor conocimiento de la base natural (Franklin y Wulder, 2002; Bailey, 2006). Por ejemplo, Hernández-Stefanoni y Ponce-Hernández (2004) aplicaron la geomática en la zonificación de la distribución espacial de índices de diversidad para la conservación. En la región, las aplicaciones de la teledetección se han centrado en la zonificación de coberturas, como el estudio realizado por la Fundación Natura (Solano *et ál.*, 2005), en el cual emplearon imágenes LANDSAT. Se cuenta con estudios regionales que abarcan el área del corredor de interés, como el proyecto CORINE Land Cover para Colombia, en el cual se utilizan imágenes LANDSAT y SPOT.

Este trabajo presenta los resultados preliminares del proyecto “Zonificación Ambiental Preliminar del Corredor de Páramo y Bosque Alto Andino Iguaque–La Rusia–

Guantiva, departamentos de Boyacá y Santander”, cuyo objetivo es realizar la zonificación ambiental del corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque–La Rusia–Guantiva a escala 1:25.000, e identificar zonas de conservación, recuperación y manejo controlado, empleando tecnologías como la teledetección para el análisis de imágenes, sistemas de información geográfica para estimar los índices ambientales y análisis de comunidades de flora y fauna en campo para caracterizar los ecosistemas. Se presenta la zonificación preliminar a escala 1:100.000, como un primer paso hacia el objetivo superior.

En relación con las unidades seleccionadas para la caracterización de biodiversidad, en el proyecto se determinó muestrear las diferentes coberturas de bosque y páramo. Este trabajo incluye los resultados preliminares del bosque de robles. Los datos de campo se recolectaron en la región de Tipacoque.

El proyecto marco busca definir una metodología preliminar que, mediante el análisis de imágenes de satélite, sistemas de posicionamiento global y análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica, facilite el desarrollo de este y otros proyectos de caracterización ecológica y zonificación ambiental para manejo en la región y el país.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.1 *Área de estudio*

El corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque–La Rusia–Guantiva se ubica en la zona norte del departamento de Boyacá y sur del departamento de Santander, en el oriente de Colombia. Dentro de la zona de estudio se encuentran áreas correspondientes a 16 municipios de Boyacá y 5 municipios de Santander: Sáchica, Villa de Leyva, Chíquiza, Gachantivá, Arcabuco, Motavita, Cómbita, Sotaquirá, Paipa, Duitama, Santa Rosa de Viterbo, Cerinza, Belén, Tutazá, Sativanorte y Susacón, en Boyacá, y Gámbita, Charalá, Encino, Coromoro y Onzaga, en Santander. El corredor cubre un área aproximada de 2947 km<sup>2</sup> y se localiza entre las coordenadas geográficas 72°54' W -73°31' W y 6°35' N - 5°34' N (figura 1).

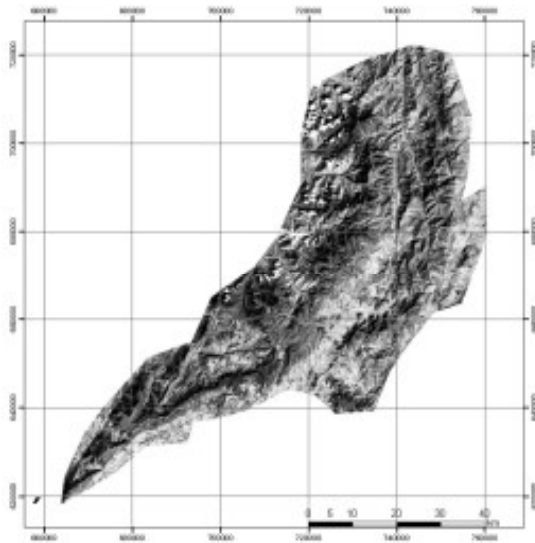


Figura 1. Corredor de páramo y bosque altoandino Iguaque-La Rusia-Guantiva

Los límites del corredor se definieron teniendo en cuenta la altura sobre el nivel del mar, tomando como base la cota 2800 (msnm); se omitieron algunas zonas a mayor altura que no albergan áreas importantes de páramo y bosque, y se adicionaron otras áreas en alturas menores por encontrarse en ellas zonas importantes de bosque. En la región donde se ubica el corredor se presenta un régimen de lluvias bimodal; los periodos de lluvia son en los meses de abril-mayo y septiembre-octubre (Solano *et ál.*, 2005).

### 1.2 Zonificación de cobertura del suelo

El objetivo del proyecto contempla la zonificación a escala 1:25.000 de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino, para lo cual se seleccionaron imágenes de satélite del programa SPOT 5, ya que con una resolución espacial de 10 metros se puede alcanzar el detalle deseado (European Environment Agency, 1995). Las imágenes SPOT seleccionadas fueron tomadas en los años 2005 y 2006, en los meses de marzo y febrero, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Imágenes LANDSAT y SPOT consideradas en el estudio

Fecha de Adquisición	Satélite	Localización	Resolución Espacial	Características
13/12/2000	LANDSAT 7	WRS(P/R): 7/56	Bandas 1 a 6: 30 metros	Imagen ortorrectificada y georreferenciada (UTM/WGS84), base para georreferenciación de otras imágenes y para el trabajo de campo de reconocimiento.
01/04/2003	LANDSAT 7	WRS(P/R): 7/56	30 metros	Imagen cruda, corresponde a la imagen más reciente y con la mejor calidad (nubosidad mínima) para realizar la zonificación preliminar a escala 1:100.000.
10/02/2006	SPOT 5	GRS: 647/338	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó la mitad de la imagen con menor nubosidad.
10/02/2006	SPOT 5	GRS: 647/339	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó el cuarto de la imagen que corresponde con la zona de estudio.
14/03/2005	SPOT 5	GRS: 648/337	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó la mitad de la imagen que corresponde con la zona de estudio.
14/03/2005	SPOT 5	GRS: 648/338	10 metros	Imagen georreferenciada (UTM/WGS84). Se seleccionó toda la imagen por su bajo porcentaje de nubes.

Debido a que estas imágenes aún se encuentran en proceso de adquisición, se han analizado las imágenes satelitales LANDSAT 7 (Tabla 1) de los años 2000 y 2003 (<http://gicf.umiacs.umd.edu/index.shtml>). Con las imágenes LANDSAT y la cartografía 1:100.000 se realizó el mapa preliminar de coberturas 1:100.000.

Como Procesamiento Digital de Imágenes –PDI– preliminar, la imagen LANDSAT del año 2003 se georreferenció tomando como base puntos de control de la imagen del año 2000 y realizando una corrección geométrica polinómica de primer orden. Los desplazamientos de píxeles debidos al relieve fueron corregidos empleando el modelo digital de elevación de la zona de estudio. Para los análisis visuales se utilizó la combinación de las bandas 4 (infrarrojo cercano), 5 (infrarrojo medio) y 3 (rojo), ya que ofrece la mejor discriminación entre coberturas vegetales (Chuvioco, 2002) para el sensor ETM+.

Las mejoras visuales realizadas facilitan el posterior trabajo de campo de reconocimiento. Durante el reconocimiento de la zona de estudio se identificaron y registraron con GPS (receptores con precisión de 1 a 3 metros) las principales coberturas (bosque, páramo, rastrojo, matorral, pastizales, pastos manejados, cultivos, zona erosionada). Otras zonas fueron fácilmente identificadas en la imagen (sombras, nubes, cuerpos de agua y zonas urbanas). Las coberturas identificadas se definen de acuerdo con la leyenda establecida por el proyecto Corine Land Cover para Colombia (Cormagdalena, 2006).

La zona de estudio fue recortada de la imagen LANDSAT del año 2003. Durante la interpretación se identificaron problemas relacionados con la presencia de nubes y sombras que dificultan los procedimientos de la clasificación supervisada, por lo que se optó por hacer la clasificación no supervisada de 100 clases de la imagen, empleando las bandas azul, verde, rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio; las categorías obtenidas fueron posteriormente agrupadas de acuerdo con las principales coberturas identificadas durante el trabajo de campo, actividad en la que algunas fotografías terrestres fueron de importante ayuda.

Teniendo en cuenta que las imágenes, aunque de diferentes años, fueron adquiridas en una misma época del año, se puede asumir que se cumplen las condiciones de consistencia en la fenología de la vegetación y humedad del suelo entre imágenes (Chuvienco, 2002; Helmer y Rufenacht, 2005). La clasificación de coberturas se apoyó en muestreos de campo, mediante la recolección de al menos dos puntos con GPS por cada cobertura (Hernández-Stefanoni y Ponce-Hernández, 2004), y el empleo de fotografías aéreas de la zona.

### *1.3 Recolección de información biológica en campo*

En la recolección de la información biológica de campo se emplean metodologías tradicionales, modificadas para establecer evaluaciones rápidas del estado de los ecosistemas, mediante la observación de las especies de fauna y flora sobresalientes. Estos métodos permiten identificar las especies consideradas importantes por su nivel de amenaza, endemismo, rangos climáticos o cualquier otra característica que pueda dar información del estado de los ecosistemas que ellas habitan.

Los métodos de muestreo de flora mediante transecto lineal y a intervalos relativamente regulares permiten caracterizar ecosistemas en zonas relativamente amplias. Los muestreos de fauna con redes y trampas no son destructivos y permiten realizar una caracterización aproximada de las comunidades presentes.

En marzo de 2007 se realizó un muestreo de flora y fauna silvestre en el Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque”. El área fue seleccionada por su localización en el extremo norte del corredor Iguaque–La Rusia–Guantiva y por su representatividad del bosque alto andino de robles, con alturas superiores a los 2800 msnm, con algunos fragmentos de páramo localizados sobre los 3000 msnm.

Para la caracterización de la flora se realizaron transectos de 50 m x 5 m, subdivididos en 10 parcelas de 5 m x 5 m cada una (Rangel y Velásquez, 1997; Villarreal *et ál.*, 2004), dentro de los cuales se estimaron variables como cobertura, distribución, altura total, circunferencia a la altura del pecho (CAP) para todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 2,5 cm en bosque y 1 cm en páramo, a partir de los cuales se estimaron los índices de predominio fisonómico y de valor de importancia. Todos los transectos realizados fueron georreferenciados con el fin de relacionar los datos de la caracterización de la vegetación con las coberturas determinadas en las imágenes satelitales.

El estudio de fauna silvestre fue enfocado a los grupos de aves, anfibios y mamíferos, utilizando diferentes métodos de muestreo: el muestreo de aves se realizó mediante la utilización de redes de niebla localizadas en sectores representativos de las coberturas vegetales, como bosques de robles, rastrojos y pastizales, entre las 5:00 a.m. y las 3:00 p.m., y observación directa utilizando un transecto simultáneo de aproximadamente trescientos metros, con tres observadores localizados en diferentes ámbitos del bosque, entre las 5:30 y las 7:30 a.m. Se recopiló información secundaria sobre aves y mamíferos mediante una entrevista con habitantes de la región, utilizando como apoyo la guía ilustrada de Hilty & Brown (1986) para aves de Colombia y el *Libro Rojo de los mamíferos de Colombia* (Rodríguez *et ál.*, 2006); el muestreo de anfibios se hizo mediante exploración de ámbitos durante la noche y captura manual con ayuda de linternas.

#### 1.4 Análisis con SIG

Para facilitar el manejo de información georreferenciada, se diseñó una estructura de metadatos a través de tablas de mapas, layers, entidades y atributos. Se determinaron las funciones de análisis espacial y estadístico para caracterizar los ecosistemas a través de índices de fragmentación, conectividad, forma, tamaño, área núcleo, rango altitudinal y cabecera de cuencas. A partir de estas funciones se diseñó



el modelo matemático y cartográfico (MMC) por implementar en el software FRAGSTATS y ArcGis.

## 2. RESULTADOS PRELIMINARES

### 2.1 Mapa de cobertura del suelo

El mapa preliminar de cobertura resultado de la clasificación no supervisada a escala 1:100.000 (Figura 2) se utiliza como reconocimiento de las coberturas principales de la zona. El área total corresponde a 2947 km<sup>2</sup>, de los cuales 14,3% (420 km<sup>2</sup>) corresponden a páramo; 24,3% (717 km<sup>2</sup>), a subpáramo; 41,3 % (1216 km<sup>2</sup>), a bosque; 4,5% (133 km<sup>2</sup>), a matorral; 5% (148 km<sup>2</sup>), a pastizal; 3,1% (96 km<sup>2</sup>), a rastrojo; 4,6 % (135 km<sup>2</sup>), a sombra; 2% (60 km<sup>2</sup>), a nubes, y 0,9% (22 km<sup>2</sup>), a área degradada, zona urbana, pastos manejados, cultivos y cuerpos de agua.

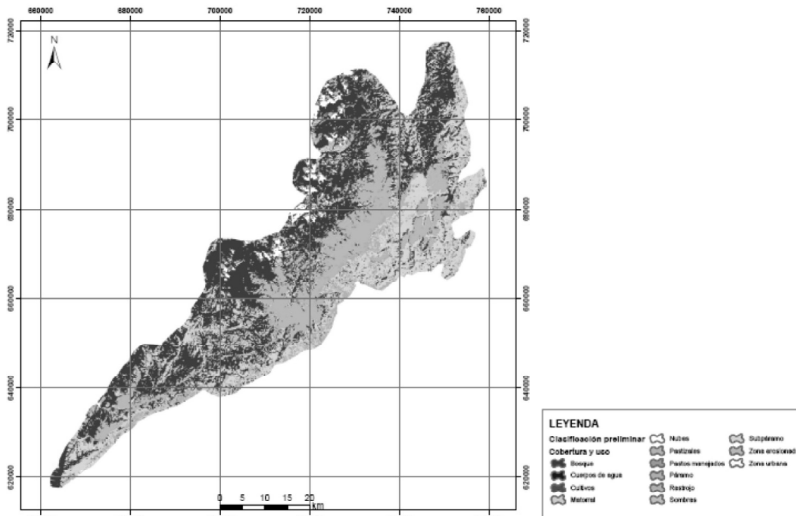
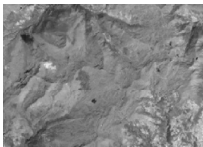
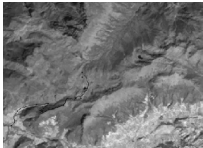


Figura 2. Clasificación no supervisada de coberturas del suelo

Tabla 2. Patrón de páramo identificado de la imagen LANDSAT

VEGETACIÓN DE PÁRAMO Y SUBPÁRAMO		
	FORMA TAMAÑO PATRÓN	Irregular Mediano a grande Indefinido
	POSICIÓN GEOGRÁFICA TEXTURA TONO Y COLOR	Superior a 3200 msnm Fina Homogénea Verde con matices verde claro

## 2.2 Riqueza florística

En el área del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” se encontró un total de 29 familias, distribuidas en 40 géneros y 49 especies. Las familias que presentaron el mayor número de especies fueron Asteraceae y Ericaceae, con 7 especies cada una, seguidas por Rubiaceae, 5 especies; Melastomataceae, 3 especies; Clusiaceae y Clethraceae, 2 especies cada una. Las demás familias solo presentaron una especie (figura 3, tabla 3).

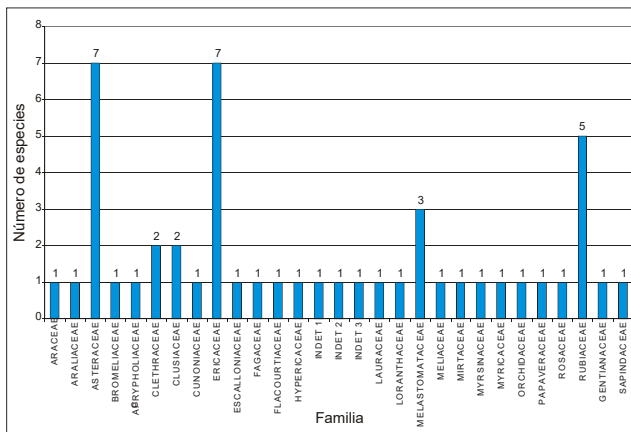


Figura 3. Riqueza de especies por familia registrada para el Parque Robleales de Tipacoque

Dentro de los géneros más variados se encuentran *Miconia* y *Befaria*, con 3 especies cada uno, seguidos por *Palicourea*, *Baccharis* y *Diplostephium*, entre otros (Tabla 3).

Tabla 3. Especies de plantas registradas para el Parque Robleales de Tipacoque

N.º	FAMILIA	ESPECIE
1	ERICACEAE	<i>Befaria cf. aestuans</i>
2		<i>Befaria resinosa</i>
3		<i>Befaria</i> sp.
4		<i>Cavendishia bracteata</i>
5		<i>Gaylussacia buxifolia</i>
6		<i>Pernetia cf. prostrata</i>
7		<i>Psammisia cf. Sodiroy</i>
8	FAGACEAE	<i>Quercus humboldtii</i>
9	RUBIACEAE	INDET 20
10		<i>Psychotria</i> sp.
11		INDET 57
12		<i>Palicourea</i> sp1
13		<i>Palicourea</i> sp2

Tabla 3. Especies de plantas registradas para el Parque Robledales de Tipacoque

N.º	FAMILIA	ESPECIE
14	ARALIACEAE	<i>Schefflera sp.</i>
15	CLUSIACEAE	<i>Clusia sp1</i>
16		<i>Clusia sp2</i>
17	CUNONIACEAE	<i>Weinmannia tomentosa</i>
18	ASTERACEAE	<i>Baccharis sp1</i>
19		<i>Baccharis sp2</i>
20		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>
21		<i>Diplostephium sp1</i>
22		INDET 47
23		<i>Paramiflos glandulosus</i>
24		<i>Pentacalia pulchela</i>
25	MIRTACEAE	INDET1
26	GENTIANACEAE	<i>Symbolanthus sp.</i>
27	SAPINDACEAE	<i>Dodonea viscosa</i>
28	ORCHIDACEAE	INDET 11
29	ROSACEAE	<i>Hesperomeles sp.</i>
30	ESCALONIACEAE	<i>Escallonia sp.</i>
31	CLETHRACEAE	<i>Clethra fimbriata</i>
32		<i>Clethra sp.</i>
33	LAURACEAE	<i>Ocotea sp.</i>
34	LORANTACEAE	<i>Gaiadendrum punctatum</i>
35	MYRSINACEAE	<i>Myrsine sp.</i>
36	MELASTOMATACEAE	<i>Miconia sp1</i>
37		<i>Miconia sp2</i>
38		<i>Miconia sp3</i>
39	BROMELIACEAE	<i>Puya sp.</i>
40	ARACEAE	<i>Anthurium sp.</i>
41	PAPAVERACEAE	<i>Boconia frutescens</i>
42	CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum tinoides</i>
43	MELIACEAE	<i>Cedrela montana</i>
44	MYRICACEAE	<i>Myrica parvifolia</i>
45	HYPERICACEAE	<i>Hypericum olaricoides</i>
46	FLACOURTIACEAE	<i>Abatia cf. Parviflora</i>
47	INDET 1 (19)	
48	INDET 2 (36)	
49	INDET 3 (37)	

### 2.3 Densidad florística

El roble (*Quercus humboldtii*) se destacó por ser la especie con la mayor densidad (Tabla 4); abarca gran parte de los estratos presentes, principalmente el estrato arbóreo con individuos maduros de gran altura y DAP de gran magnitud, al igual que el estrato arbustivo, en donde los individuos juveniles de la especie formaban varillales densos con DAP reducido, principalmente en claros formados por actividades antrópicas o por la caída de individuos viejos de tamaños considerables. Se encontraron otras especies acompañantes de menor abundancia, entre las cuales se destacan *Gaiadendrum punctatum* y *Paramiflos glandulosus*.

Tabla 4. Densidad por especies de plantas registradas para el Parque Robledales de Tipacoque

ESPECIE	N.º individuos	Densidad relativa
<i>Quercus humboldtii</i>	67	44,37
<i>Gaiadendrum punctatum</i>	12	7,95
<i>Paramiflos glandulosus</i>	10	6,62
<i>Pernettya cf. Prostrata</i>	8	5,30
<i>Weinmannia tomentosa</i>	6	3,97
<i>Clethra sp.</i>	5	3,31
<i>Clusia sp.</i>	5	3,31

### 2.4 Índice de predominio fisionómico (IPF) y de valor de importancia (IVI)

El roble presentó los mayores índices de predominio y de valor de importancia del área (IPF=214,22, IVI=155,38), mostrando las características típicas de los rodales compuestos por esta especie. Otras especies de importancia por su dominancia fueron *Gaiadendrum punctatum* (IPF=9,3, IVI=16,59) y *Clusia sp.* (IPF= 11,85, IVI= 12,95) (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Estos resultados se relacionan directamente con la amplia cobertura, área basal y frecuencia dentro de las unidades de muestreo que presenta el roble.

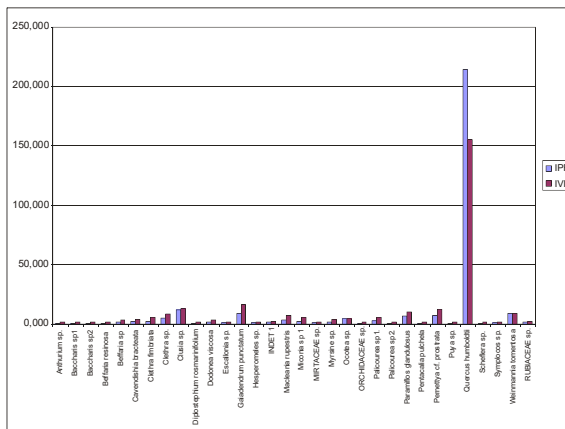


Figura 4. Índices de predominio fisionómico (IPF) y de valor de importancia (IVI) de las especies encontradas en el parque Robledeales de Tipacoque

### 2.5 Fauna silvestre

Mediante avistamientos aleatorios *in situ* se realizaron registros de fauna silvestre (Tabla 5).

Tabla 5. Registros de fauna silvestre por observación directa

AVISTAMIENTOS	OBSERVACIONES
Dos ejemplares de venado de cola blanca <i>Odocoileus virginianus</i> , probablemente una hembra con su cría. En la carretera.	Cerca de un relicto de bosque de robles, día soleado.
Con frecuencia se observan ejemplares de <i>Cathartes aura</i> y <i>Turdus fuscater</i> y golondrinas sobrevolando el bosque y el borde de bosque, cerca de la Cabaña.	
Avistamiento directo de una ardilla <i>Sciurus granatensis</i> en el borde de bosque a pastizal en plena actividad.	Árboles de 30–40 metros de altura. Acceso a bosque donde se colocaron las redes de niebla.
Avistamiento de dos ardillas <i>Sciurus granatensis</i> en interior de bosque. Probablemente en busca de comida.	

AVISTAMIENTOS	OBSERVACIONES
Avistamiento de dos especies de aves. 1) Ave negra de pecho amarillo con pico corto. 2) Carpintero.	Las aves se encontraban en el dosel de los robles ( <i>Quercus humboldtii</i> ) cerca de la red (7).
Avistamiento de un ejemplar de <i>Haplospiza rustica</i>	El ave se encontraba en un arbusto de aproximadamente 1,70 m, un solo individuo. Cerca a la Red 7
<i>Pheucticus aureoventris</i> cuatro ejemplares	El ave se encontraba en el dosel a 40 m aproximadamente, probablemente forrajeando.
	Redes de Niebla en bosque de roble con árboles de aproximadamente 40 m. (Red 7)
	Redes de Niebla en borde de bosque (Red 8)
<i>Coeligena prunellei</i>	Se encontraba en un arbusto de aproximadamente 3 m, próximo a la cabaña; se encontraba forrajeando en una orquídea.
<i>Notiochelidon murina</i> <i>Notiochelidon cyanooleuca</i> <i>Diglossa humeralis</i> <i>Ochthoeca fumicolor</i>	Las tres primeras especies se encontraban sobrevolando frente a la Cabaña y el <i>Ochthoeca</i> se encontraba en borde entre bosque de roble y páramo.

Mediante observación directa se registró la presencia de ejemplares de *guala cabeciamarilla* (*Cathartes aura*), *siote* (*Turdus fuscater*) y *torcaza* (*Columba fasciata*), además de algunos colibríes y otras aves pequeñas no identificadas. Así mismo, se recopiló información secundaria sobre aves y mamíferos mediante una entrevista con el guía-guardabosques Adriano Ramírez, utilizando como apoyo la guía ilustrada de Hilty & Brown (1986) para aves de Colombia y el *Libro Rojo de los mamíferos de Colombia* (Rodríguez *et ál.*, 2006). Las siguientes especies de aves fueron reportadas: águila de páramo (*Geranoetus melanoleucus*), arrastrador (*Chandrohierax urcinatus*), pava (*Aburria aburri*), guere (*Aratinga leucophthalmus*), pregonero (*Lipaugus fuscocinereus*), mirlo (*Seytalopus senilis*), cucarachero (*Henicorhina leucosticta*), siote (*Catharus fuscater*), toche (*Icterus chrysater*), guere (*Cacicas cela*) y copetón (*Zonotrichia capensis*).

Entre los mamíferos se reportaron murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), tinajo (*Agouti taczanowski*), armadillo (*Dasybus novemcintus*) y tigrillo (*Leopardus sp.*). Igualmente, mediante observación directa se registró una gran cantidad de ardillas (*Sciurus grantantensis*) en los bosques de robles.

## 2.6 Análisis espacial y estadístico

Para facilitar el manejo y procesamiento de información del proyecto, se elaboraron documentos de apoyo a la consulta, toma y descripción de datos, análisis espacial y presentación de resultados. Principalmente se elaboró una ficha bibliográfica, una ficha de evaluación cualitativa para artículos, un formato para la descripción de fotografías en el trabajo de campo, una ficha para la elaboración de los metadatos, el modelo matemático y cartográfico del proyecto y un formato para la descripción de las fotografías que serán incluidas dentro de los informes finales, todos con sus respectivas guías.

El modelo matemático y cartográfico consta de cuatro componentes: 1) cálculo de índices de fragmentación, 2) definición de pisos térmicos, 3) determinación de cabeceras de cuencas y 4) cálculo del rango altitudinal de remanentes. En el primer componente se toma el grid resultante de la clasificación hecha sobre las imágenes de satélite, y mediante FRAGSTATS (McGarigal, 2002) se calculan los índices: forma, área núcleo, tamaño y conectividad, a nivel de clase. En el segundo se parte de las curvas de nivel de la zona de estudio y se obtienen los diferentes pisos térmicos. El tercer componente parte de las zonas de altitud y de las cuencas presentes en el área de estudio, para llegar a las cabeceras de cuencas (25% más alto dentro de cada cuenca). El componente de rango altitudinal permite hallar la diferencia entre el punto más bajo y el más alto en cada remanente, con base en las zonas de altitud y los remanentes.

## 3. COMENTARIOS

Los reconocimientos de campo, junto con la clasificación de la imagen y la revisión bibliográfica, permitieron establecer los principales patrones en las imágenes LANDSAT; estos facilitarán el reconocimiento de coberturas en las imágenes SPOT y la selección de áreas de entrenamiento para la clasificación supervisada.

El Parque Natural Municipal Robledales de Tipacoque presenta extensas zonas de bosque alto andino dominado por roble (*Quercus humboldtii*), cuya representatividad en el departamento es muy reducida. Adicionalmente es posible encontrar especies vegetales nativas como gaque (*Clusia* sp.), encenillo (*Weinmannia* sp.), tuno (*Miconia* sp.), canelo de monte (*Drymis granadensis*), cedrito (*Cedrela montana*), varias especies de frailejón –entre las que se encuentran *Espeletia paipana* y *E. argentea*– uva camarera (*Macleania rupestris*), gran cantidad de briófitos y líquenes –importantes por su papel como receptores hídricos, que adicionalmente son indicadores de un



estado de conservación del ecosistema relativamente bueno– y una abundante diversidad de helechos, principalmente del género *Elaphoglossum*.

En cuanto a mamíferos, se encontró una notable abundancia de ardillas (*Sciurus granatensis*), al parecer, asociada a la homogeneidad del bosque de robles. Los anfibios coleccionados, con el apoyo del Dr. John Lynch, fueron identificados como *Eleutherodactylus lynchi* y se tomó nota de algunos aspectos de su bioecología y distribución geográfica, así como se discutió la posibilidad de realizar un muestreo más riguroso que permita inferir sobre la importancia de esta especie como indicador biológico para ecosistemas de alta montaña.

En la revisión bibliográfica realizada sobre 53 artículos acerca de fragmentación, se coincide con el trabajo de Fahring (2003), quien revisó 100 artículos de la base de datos Cambridge Scientific Abstracts y concluyó que los resultados son difíciles de interpretar, debido principalmente a que son producto de estudios a nivel de parche, no de paisaje, que es en el que se desarrolla en realidad el proceso, y a que se mide la fragmentación de tal forma que no permite distinguirla de la pérdida de hábitat (un proceso diferente).

#### 4. CONCLUSIONES

La clasificación obtenida con las imágenes LANDSAT sirve de referencia durante el trabajo de campo, y a partir de su validación se podrá ingresar información adicional a la posterior clasificación con los productos SPOT.

La presencia de páramo y bosque en la zona de estudio ocupa un área importante dentro del corredor, y aunque la presencia de cultivos y pastos manejados es reducida, se puede apreciar un importante fraccionamiento del páramo hacia la zona norte del corredor, hipótesis que se podrá verificar con el cálculo de índices ambientales. Los ecosistemas zonificados corresponden principalmente a páramo y bosque.

Actualmente existe un interés marcado por el estudio de fragmentación de ecosistemas con fines de conservación de la biodiversidad. Sin embargo, en Colombia aun son escasos los estudios sobre el tema. FRAGSTATS es el programa más usado para desarrollar estudios de fragmentación en ecosistemas, pero es necesario profundizar la caracterización de los fenómenos biológicos analizados con el fin de aprovechar adecuadamente las funciones del programa. No hay literatura disponible sobre MMC con la misma abundancia que sobre fragmentación.

## AGRADECIMIENTOS

Este documento se realizó con la ayuda financiera de la Comunidad Europea; su contenido es responsabilidad exclusiva de los Grupos de Investigación XIUÁ y GIGA de la Uptc, y en modo alguno debe considerarse que refleja la posición de la Unión Europea. Agradecemos el apoyo financiero de la Unión Europea, a través del Proyecto “Mejora de los Sistemas de Cartografía del Territorio Colombiano”–EuropeAid/123-385/D/ACT/CO, de Corpoboyacá, y la Uptc; igualmente al IGAC, por el material cartográfico y fotográfico facilitado, y a la CAS, por suministrarnos la cartografía básica de su jurisdicción. Queremos expresar nuestro agradecimiento a quienes han colaborado con su asesoría técnica y diligencia administrativa para la ejecución del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

BAILEY, Debra *et ál* 2006. Thematic Resolution Matters: Indicators of Landscape Pattern for European Agro-Ecosystems. En: *Ecological Indicators*, pp. 1-18.

CHUVIECO, Emilio. 2002. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Barcelona, España: Ariel. 586 p.

CORMAGDALENA. 2006. Informe CORINE Land Cover, 27 p. [En línea]. Disponible en: [www.cormagdalen.com.co](http://www.cormagdalen.com.co)

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 1995. CORINE Land Cover. Dinamarca. 163 p. [En línea]. Disponible en: <http://reports.eea.europa.eu/CORO-landcover/en>

FAHRING, Lenore. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. En: *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34: 487-511.

FRANKLIN, S. E y Wulder, M. A. 2002. Remote Sensing Methods in Medium Spatial Resolution Satellite Data Land Cover Classification of Large Areas. In: *Progress in Physical Geography*, 26(2): 173–205.

HELMER, E. H. y Ruefenacht, B. 2005. Cloud-Free Satellite Image Mosaics with Regression Trees and Histogram Matching. In: *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, (sep.), 71(9): 1079–1089.

- HERNÁNDEZ-STEFANONI, J. Luis; Ponce-Hernandez, Raúl. 2004. Mapping the Spatial Distribution of Plant Diversity Indices in a Tropical Forest Using Multi-Spectral Satellite Image Classification and Field Measurements. In: *Biodiversity and Conservation*, 13: 2599-2621.
- MCGARIGAL, K., S. A. Cushman, M. C. Neel and E. Ene. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. [Ayuda del programa producido por los autores en la Universidad de Massachusetts, Amherst]. Disponible en: [www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html)
- HILTY S. L. & W. L. Brown. 1986. A Guide to the Birds of Colombia. Princeton University Press. Princeton, USA.
- RANGEL-CH., J. O. y A. Velázquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pags. 59-88. En: J.O. Rangel-Ch., P. D. Lowy-C. y M. Aguilar-P. (eds.): *Colombia Diversidad Biótica II, Tipos de Vegetación en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- RODRÍGUEZ-M, J.V.; Alberico, M.; Trujillo, F. y Jorgenson J. (eds.). 2006. Libro Rojo de los mamíferos de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 433 pp.
- SOLANO, Clara; Roa, Carolina y Calle, Zoraida. 2005. Estrategia de desarrollo sostenible corredor de conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque: Boyacá-Santander/Colombia. Fundación Natura, Colombia. 92 p. [En línea]. Disponible en: [www.natura.org.co](http://www.natura.org.co)
- VILLARREAL, H.; Álvarez, M.; Cordoba; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña, A. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de diversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 236 p.

