



COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN BOSCOSA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO SAN SALVA- DOR, VERTIENTE NORTE DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA

FLORISTIC COMPOSITION AND STRUCTURE OF FORESTED AREAS ALONG THE LOW BASIN OF THE SAN SALVADOR RIVER, NORTH SIDE OF SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA; COLOMBIA

A. Dechner¹, M. Diazgranados²

¹ Departamento de Ciencias Ambientales y de la Tierra, Universidad de Greenwich, Reino Unido

² Herbario Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ), Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS),
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7 # 43-
82, Bogotá, Colombia

andechner@yahoo.com, mauricio.diazgranados@javeriana.edu.co

Resumen

Se caracterizó la composición y la estructura de la vegetación de las principales áreas boscosas de la cuenca baja del río San Salvador, Sierra Nevada de Santa Marta. A partir del análisis de una imagen satelital IKONOS, se definieron dos tipos de bosque en 81 fragmentos, y utilizando un muestreo estratificado se realizaron 15 levantamientos de 0.1 ha (15 000 m²) en los mayores fragmentos. En estos levantamientos se registraron 809 individuos con DAP mayor o igual a 10 cm, pertenecientes a 74 especies y 33 familias. De acuerdo con los resultados, la diversidad de la zona es baja con respecto a la encontrada en otros bosques tropicales y la riqueza de especies osciló entre 7 y 19 especies por levantamiento. La distribución de individuos según clases de DAP presenta en la mayoría de los levantamientos una tendencia de "J" invertida, hallada en otros bosques tropicales. Entre los géneros más ricos en especies se reportan *Brosimum* (Moraceae), *Ficus* (Moraceae), *Licania* (Chrysobalanaceae), *Saurauia* (Actinidiaceae) y *Vismia* (Guttiferae), cada uno con 2 especies. Los resultados constituyen la culminación exitosa de la primera fase para establecer prioridades de conservación en la cuenca.

Palabras clave: bosque húmedo tropical, composición florística, estructura de la vegetación, río San Salvador, Sierra Nevada de Santa Marta.

Abstract

In this research, floristic composition and structure of vegetation of forests in the low basin of the San Salvador River (Sierra Nevada de Santa Marta) were studied. Through the analysis of a satellite image IKONOS, two types of forested cover were identified. Fifteen sample areas of 0.1 ha (15 000 m²) were located in the largest fragments of forest. 809 individuals with DBH = 10cm, belonging to 74 species and 33 families were registered. According to the results, species diversity in the area is low with regard to other moist tropical forests and species richness varied from 7 to 19 species per plot. Distribution of individuals in DBH classes showed in the majority of sampled areas an inverted "J" shape trend, as it has been reported in other tropical forests. The richest genera in terms of species were: *Brosimum* (Moraceae), *Ficus* (Moraceae), *Licania* (Chrysobalanaceae), *Saurauia* (Actinidiaceae) and *Vismia* (Guttiferae), each of them with 2 species. These results represent a successful first phase to establish priorities for conservation of San Salvador river basin.

Key words: floristic composition, moist tropical forest, San Salvador River, Sierra Nevada de Santa Marta, structure of vegetation.

INTRODUCCIÓN

La Sierra Nevada de Santa Marta, declarada por la UNESCO *Reserva del Hombre y la Biosfera*, constituye uno de los fenómenos más particulares del planeta; con 5770 metros de altitud, es considerada la montaña litoral más alta del mundo (Castaño, 1991). Este macizo, presenta la más sorprendente variedad de ecosistemas, desde el nivel del mar hasta los picos nevados, en un trayecto menor de 40 km en línea recta (Castaño, 1991). Sin embargo, en los últimos 50 años las formaciones boscosas del macizo se han reducido drásticamente. En ciertos casos se considera la reducción en el 50% del área original, aunque otros autores estiman la disminución en cifras mayores, 70 al 85% (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 1991).

Aunque no existe un inventario completo para todo el macizo, cifras preliminares estimadas con base en la información del transecto *Buritaca-La Cumbre* y otras publicaciones, señalan un total de 1800 especies de plantas con flores. En el gradiente altitudinal, la región de vida ecuatorial, entre los 0 y 1150 msnm, presenta el tercer lugar en cuanto a número de especies, con 118 especies, 100 géneros y 69 familias (Rangel-Ch. y Garzón, 1995).

En el transecto *Buritaca-La Cumbre*, que es el estudio de comunidades vegetales más completo y cercano a la cuenca del río San Salvador, la vegetación entre los 500 y 1150 msnm se agrupa en la alianza ZYGIO LONGIFOLIAE-VIROLION SEBIFERAE; entre las especies características figuran *Zygia longifolia*, *Virola sebifera*, *Psychotria limonensis*, *Cedrela cf. mexicana*, *Guárea* sp., y *Ossaea quinquenervia*; en cuanto a su estructura es una selva con árboles de 25 a 30 m de altura, muy ramificados, con coberturas de 75 a 85% (Cleef *et al.*, 1984).

A comienzos de los años noventa, Rubiano, Ortiz y Dueñas (1994) realizaron una caracterización fisonómica, estructural y florística de las selvas del río Buritaca ubicadas por debajo de los 1000 msnm; de acuerdo con estos autores, a nivel macro, resalta la elevada frecuencia de emergentes corpulentos de 30 o más metros de altura y diámetros de 50 a 150 cm; sin embargo, la mayoría de estos árboles pertenecen a dos o tres especies que se repiten a lo largo de varios kilómetros. La especie más común es *Guárea guidonia* con alturas hasta de 40 m y diámetros a veces superiores a 100 cm; otra especie emergente importante es *Virola sebifera* (Rubiano, Ortiz y Dueñas, 1994).

La importancia de conservación de la cuenca del río San Salvador radica en que representa un punto estratégico en el reestablecimiento de la conectividad entre las partes altas y la zona litoral. Los bosques aquí presentes son el hábitat para fauna de todas las clases, y contribuyen a regular el recurso hídrico de las microcuencas y del río mismo. Dado que la pérdida de bosques ha sido en general tan severa, es necesario proponer acciones que orienten la conservación de los mismos (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 2001).

Considerando las particulares condiciones ambientales que caracterizan el macizo, la actual situación de deterioro y por la escasa información científica con la que se cuenta y en la que deben basarse las acciones de manejo y conservación, se planteó como objetivo de este estudio caracterizar la composición y estructura de la vegetación de la cuenca baja del río San Salvador. La investigación, que contó con la financiación de la Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, hace parte de un macroproyecto que busca la recuperación de las áreas boscosas del piedemonte de la Sierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La cuenca del río San Salvador está situada sobre la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el departamento de La Guajira, municipio de Dibulla. La cuenca comienza a los 2200 msnm y termina en su desembocadura en el mar Caribe. Presenta una extensión total de 8402 hectáreas y se encuentra entre los 11° 05' y 11° 16' de latitud Norte y los 73° 35' y 73° 32' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, y entre 1 719 000 y 1 736 000 metros Norte y 1 055 000 y 1 064 000 metros Este, coordenadas planas con Datum Bogotá (figuras 1 y 2).

El área de la cuenca seleccionada para el presente estudio presenta una extensión de 3 758 hectáreas; limita al norte con la cota de 200 msnm, mínima altitud del área de estudio debido a que la difícil situación de orden público no permitió el trabajo por debajo de esta cota. Al occidente limita con la divisoria de aguas del río Palomino, al oriente con la divisoria de aguas del río Ancho y al sur con la cota de 600 msnm, límite del Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta y máxima cota altitudinal del área de estudio. La zona corresponde a los bosques húmedos tropicales (bh-T) de Holdridge (Espinal y Montenegro, 1963) (figura 2).

La zona presenta un clima tropical con tendencia monomodal, con un periodo seco

FIGURA 1. Imagen satelital Ikonos de la cuenca baja tomada en el año 2000. Proporcionada por la Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta.

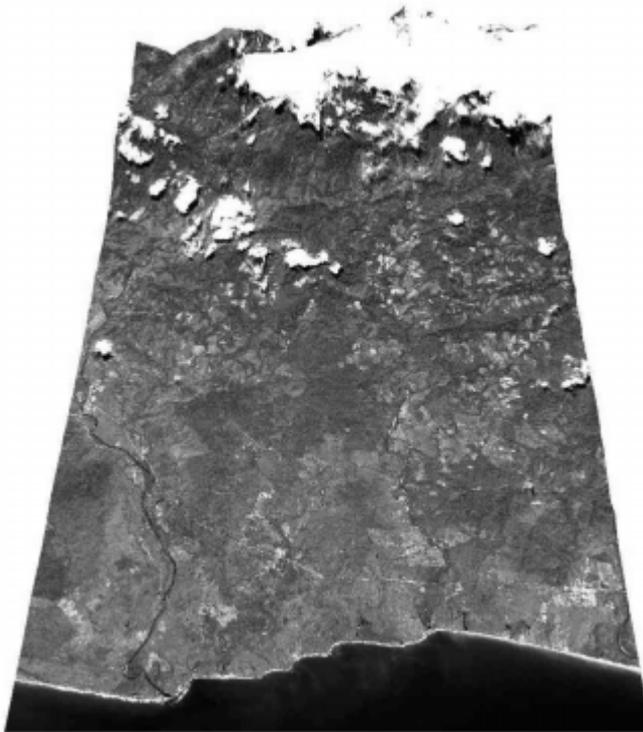
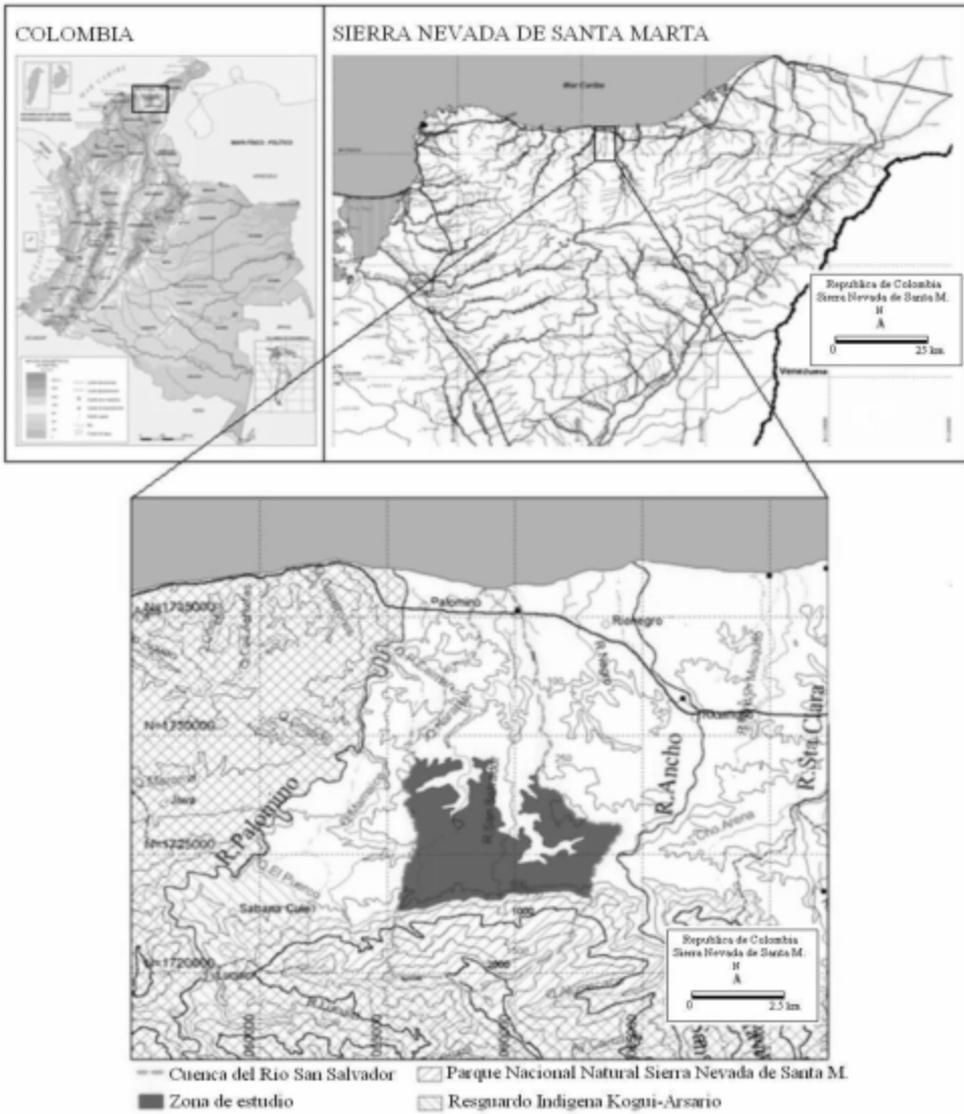


FIGURA 2. Área de estudio. Figuras suministradas por la Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta.



entre diciembre y junio y una época de lluvias de agosto a noviembre. En algunos casos se presenta un periodo de lluvias entre abril y junio, conservando la tendencia monomodal (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 1998).

La precipitación promedio anual en las estaciones climatológicas más cercanas a la zona de estudio varía entre 2059 y 3808 mm, y la temperatura entre 23.3 y 26.5°C. El valor medio anual de humedad relativa registrado para la estación de Alto de Mira

Tabla 1

Tipos de coberturas en la zona de estudio (usando la imagen satelital IKONOS 2000, con una resolución de 4 m²)

Cobertura	Extensión (ha)	Porcentaje de área
Bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con <i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i> y <i>Conostegia icosandra</i> .	1354,1	36,00%
Bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con <i>Protium neglectum</i> y <i>Protium</i> sp.	554,5	14,80%
Nube y sombra de nube	422,9	11,30%
Otros tipos de coberturas diferentes a bosque	1426,5	38,00%
Total	3758	100,00%

es de 91%, con un mínimo promedio anual de 86% y un máximo promedio anual de 96% (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2001).

El relieve de la zona en general es heterogéneo, con una extensa área de tierras planas ubicada en la cuenca baja del río y en pendientes que ascienden fuertemente en poca distancia. La zona está principalmente ocupada por habitantes urbano-rurales y campesinos de zona baja y media; las actividades económicas de estos asentamientos están relacionadas principalmente con las actividades agrícolas, el comercio y los cultivos ilícitos (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, sin pub.).

En cuanto a la historia de ocupación, la parte baja de la cuenca del río fue fuertemente intervenida durante la época de la

marihuana, que también incitó los procesos de colonización y el desplazamiento de las comunidades indígenas de la zona hacia las partes más altas. Sin embargo, debido a los conflictos por el control de la producción, gran parte de las fincas fueron abandonadas al mismo tiempo que se inició un proceso de recuperación del territorio por parte de las comunidades indígenas. Como resultado, hoy en día existe gran cantidad de rastrojos altos y manchas de bosque, que favorecen la conectividad entre bloques forestales tanto vertical como horizontalmente (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, Sin pub).

MÉTODOS

El estudio se desarrolló en 3 fases: 1. Revisión bibliográfica, 2. Identificación y caracterización de las áreas boscosas a partir

de sensores remotos, y 3. Caracterización de la composición y estructura de la vegetación.

La identificación y caracterización de las áreas boscosas se realizó mediante la interpretación de una imagen satelital IKONOS tomada en el área en noviembre del año 2000 (figura 1). Para la interpretación y caracterización de las áreas boscosas se utilizó el sistema de información geográfico ILWIS 3.1©, con una escala 1:10.000, y una unidad mínima de mapeo de 400 m² (20 x 20 m). La denominación de las áreas de bosque se realizó a partir de la clasificación modificada de la cubierta natural terrestre de la UNESCO (Jennings, 2001), la cual incluye fisonomía, composición florística y estacionalidad de la vegetación. Posteriormente, se determinó el número de tipos de bosque, el número de fragmentos por cada tipo de bosque y su respectiva área y perímetro. Con estos datos se calculó el índice de forma de cada fragmento (Forman, 1995), dato por la siguiente ecuación:

$$FCI = \ln \frac{\sum A}{\sum P} \quad (1)$$

Donde:

IF = índice de forma.

P = perímetro del fragmento.

A = área del fragmento.

El índice tiene un valor de 1 cuando el fragmento tiene forma circular, y aumenta conforme se incrementa la complejidad de la forma del fragmento, y por ende la relación entre perímetro y área (Forman, 1995). Para efectos de conservación, normalmente los fragmentos con IF cercano a 1 tienen las mejores condiciones, por tener menor efec-

to de borde y mayor área de hábitat interior.

También se calculó el índice de continuidad de fragmentos (FCI) propuesto por Vogelmann (1995), el cual tiene la siguiente ecuación:

$$2\pi \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (2)$$

Donde:

$\sum A$ = sumatoria del área de todos los fragmentos de cada tipo de bosque.

$\sum P$ = sumatoria del perímetro de todos los fragmentos de cada tipo de bosque.

Los lugares de muestreo, para el estudio de la composición y estructura de la vegetación, fueron seleccionados a partir de un muestreo estratificado preferencial con base en la delimitación previa de las zonas boscosas a partir de la imagen satelital IKONOS y a partir de la accesibilidad a las áreas de bosque de mayor tamaño, ya que por problemas de orden público en la zona, no era posible el ingreso a algunas áreas de bosque.

Se realizaron dos fases de campo, la primera entre el 19 de agosto y el 19 de noviembre del 2001, y la segunda entre el 2 de julio y 30 de julio del 2002. Durante este tiempo se instalaron 15 levantamientos entre los 200 y los 600 msnm y se muestreó un área total de 15 000 m²; los levantamientos se realizaron en las áreas más grandes de cada tipo de bosque, con excepción del fragmento 19 y del fragmento 4, segundo en mayor área del BPP, debido a que la difícil situación de orden público no permitió el acceso a estas zonas, por lo que el muestreo de este tipo de bosque se realizó en el fragmento 17, tercer fragmento de mayor tamaño (figura 3, tablas 2 y 3).

FIGURA 3. Mapa de cobertura boscosa en la zona de estudio. Unidad mínima de mapeo: 400 m².

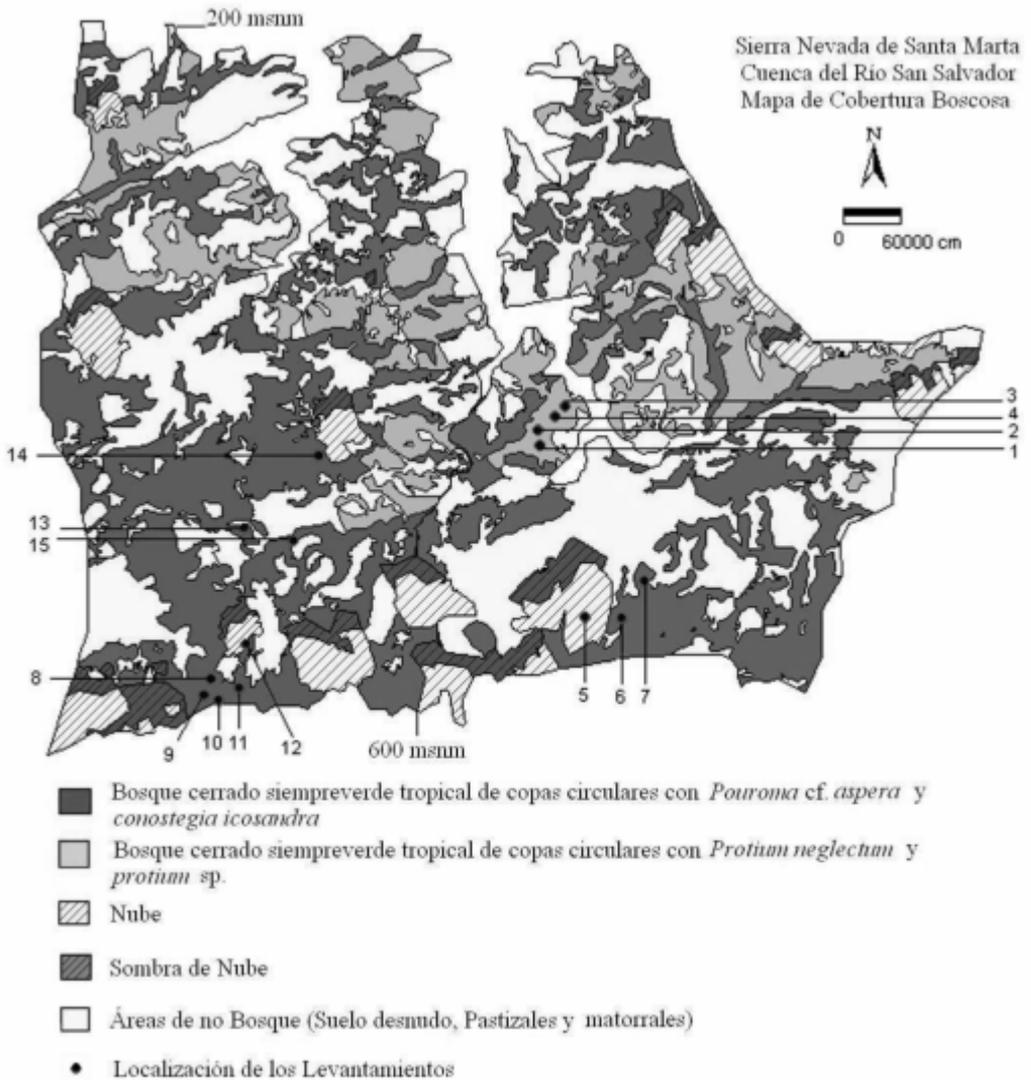


Tabla 2

Área y perímetro de los 20 fragmentos de bosque más grandes identificados en la zona de estudio. Los fragmentos están ordenados de mayor a menor área (ha). A: área, P: perímetro, F: índice de forma, FCI: índice de continuidad

Bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con <i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i> y <i>Conostegia icosandra</i>					Bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con <i>Protium neglectum</i> y <i>Protium</i> sp.				
Frag	P (m)	A (m2)	A (ha)	F	Frag	P (m)	A (m2)	A (ha)	F
2	106030,0	7155752,1	715,6	19,8	19	22549,8	1268732,9	126,9	10,0
42	15940,9	732892,4	73,3	9,3	4	7844,3	494775,6	49,5	5,6
23	18334,4	642177,5	64,2	11,4	17	8286,6	457122,3	45,7	6,1
7	13294,6	616198,2	61,6	8,5	2	6876,6	410508,6	41,1	5,4
38	9901,5	568027,3	56,8	6,6	12	8247,5	407409,2	40,7	6,5
58	8218,8	345913,3	34,6	6,9	18	8514,4	304945,7	30,5	7,7
33	5419,8	329865,7	32,9	4,7	6	4311,4	283048,1	28,3	4,1
37	6891,9	298501,4	29,8	6,3	11	5399,9	267047,4	26,7	5,2
9	3534,0	242196,9	24,2	3,6	13	4157,0	236929,2	23,7	4,3
57	5012,3	235268,3	23,5	5,2	9	5944,2	216182,7	21,6	6,4
6	6563,0	222094,8	22,2	7,0	7	2281,1	180032,7	18,0	2,7
43	3645,6	204676,8	20,5	4,0	10	2196,9	170189,6	17,0	2,7
30	4934,3	151759,7	15,1	6,3	23	3456,2	142846,8	14,3	4,6
41	3874,7	145577,3	14,5	5,1	21	4074,2	139085,7	13,9	5,6
46	2472,3	108715,3	10,8	3,8	16	2645,1	99010,9	9,9	4,2
24	2837,5	92425,5	9,2	4,7	14	1874,5	92738,5	9,3	3,1
54	2153,1	87334,4	8,7	3,6	22	2086,8	88310,1	8,8	3,5
1	2002,4	84660,3	8,4	3,4	3	2780,6	87356,9	8,7	4,7
44	1559,6	75638,6	7,5	2,8	5	1570,3	67807,7	6,8	3,0
10	1647,1	69900,7	6,9	3,1	15	1537,1	47216,2	4,7	3,5

Tabla 3

Localización y descripción de los levantamientos realizados en la cuenca baja del río San Salvador. Los levantamientos 1, 2, 3 y 4 fueron colocados en el BPP y los demás levantamientos fueron localizados en el BPP

Lev	Altura msnm	Coordenadas Geográficas		Geoforma	Macrorelieve	Remoción en masa	Erosión	Pendiente		Bosque	N°de frag.
		N	W					(°)	%		
1	260	11°09'13.02"	73°31'29.60"	Ladera	Lig.Escarpado	No	No	45	35	1	17
2	220	11°09'16.92"	73°31'29.73"	Ladera	Lig.Escarpado	Reptación	No	45	35	1	17
3	200	11°09'24.49"	73°31'18.13"	Ladera	Fuer.Inclinado	No	No	40	20	1	17
4	240	11°09'21.19"	73°31'23.81"	Ladera	Fuer.Inclinado	Reptación	No	35	20	1	17
5	430	11°08'20.61"	73°31'15.71"	Ladera	Lig.Escarpado	Reptación	No	45	35	2	2
6	460	11°08'19.78"	73°31'04.65"	Ladera	Fue. Inclinado	No	No	35	20	2	2
7	360	11°08'31.68"	73°30'57.54"	Ladera	Mod.Inclinado	No	No	30	10	2	2
8	550	11°07'59.96"	73°33'11.85"	Falda	Lig.Inclinado	Sol.Plastic	No	20	6	2	2
9	580	11°07'57.47"	73°33'12.66"	Falda	Lig.Inclinado	No	No	20	6	2	2
10	600	11°07'55.15"	73°33'10.13"	Ladera	Fuer.Inclinado	Reptación	No	40	20	2	2
11	530	11°07'59.26"	73°33'03.91"	Falda	Lig.Inclinado	Desplomes	No	20	6	2	2
12	390	11°08'12.81"	73°32'59.87"	Falda	Plano	No	No	5	3	2	2
13	302	11°08'46.70"	73°33'02.08"	Ladera	Mod.Inclinado	Desplomes	No	30	10	2	2
14	260	11°09'09.67"	73°32'38.29"	Ladera	Lig.Inclinado	No	No	20	6	2	2
15	380	11°08'43.25"	73°32'46.82"	Ladera	Mod.Inclinado	No	No	25	8	2	2

El número de levantamientos realizados fue proporcional al tamaño de cada fragmento, de manera que en el fragmento 2 del BPC, se instalaron 11 levantamientos de 0.1 ha; y en el fragmento 17 del BPP, se instalaron 4 levantamientos de 0.1 ha. En ambos casos se verificó que se alcanzara la estabilización de la curva de acumulación de especies.

Las áreas de los levantamientos fueron de 1000 m² para individuos del estrato arbóreo, con una altura total superior a 18 metros. Además, se establecieron subparcelas de 500 m² para el estrato arbóreo inferior con alturas entre 12 y 17.99 m; de 250 m² para arbolitos con alturas entre 5 y 11.99 m; y de 100 m² para la vegetación con alturas entre 1,5 y 4.99 m. En cada levantamiento (1 parcela y 3 subparcelas) se registraron todas las plantas vasculares con DAP = 10 cm. Finalmente todos los individuos fueron estandarizados a 1000 m² para el análisis de la composición y la estructura. La determinación de las áreas de muestreo con base en la altura de la vegetación fue aplicada con el objetivo de reducir el tiempo consumido en el muestreo de cada levantamiento.

Para la recolección de información se utilizaron formatos por individuo, por muestra y por levantamiento. Para la herborización y numeración de las muestras botánicas se utilizó la sigla ADS, correspondiente a las iniciales de uno de los autores del proyecto, Andrea Dechner Sierra. Los ejemplares fueron alcoholizados y prensados en campo para su posterior traslado al Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana, colección registrada ante el Instituto Alexander von Humboldt. Por cada especie se coleccionaron mínimo 3 ejemplares y en lo posible con frutos y/o flores.

Para obtener los resultados de la diversidad y de la riqueza se utilizó el programa

PAST, por medio del cual se calcularon el índice de diversidad de Shannon - Wiener y el índice de Simpson (Ramírez, 1999).

Índice de Shannon-Wiener

$$H' = - \sum_{i=1}^s (pi)(\log n pi) \quad (3)$$

Diversidad máxima $H \max = \log n S$

Donde:

H = Índice de diversidad de Shannon - Wiener.

S = número de especies.

pi = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i .

$\log n$ = logaritmo natural.

Índice de diversidad de Simpson

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (pi)^2 \quad (4)$$

Donde:

D = índice de diversidad de Simpson.

pi = proporción de individuos de la especie i en el total de la muestra.

Para estudiar la estructura de la vegetación se midieron las siguientes variables dasométricas: altura total, circunferencia a la altura del pecho (CAP a 1.3 m), y diámetros mayor y menor de la copa. Con el CAP se calculó el DAP, dividiéndolo por el número \bar{D} . El DAP se utilizó para realizar las curvas diamétricas, las cuales se hicieron con una amplitud del intervalo de 10 cm. de acuerdo con lo sugerido por la UNESCO, PNUMA y FAO (1980), esto para su posterior comparación con estudios realizados en otras regiones del país.

El DAP también se usó para calcular el área basal ($(\pi/4) \times \text{DAP}^2$), importante para calcular los índices de valor de importancia y de predominio fisonómico. La cobertura de las copas (en m^2) se calculó asumiendo que las copas de los árboles tienen una forma elíptica y usando los valores de diámetro mayor y diámetro menor tomados en campo para obtener el área del rombo inscrito ($C = \frac{1}{2} (\text{DM} \times \text{dm})$) (Rangel-Ch. & Velázquez, 1997).

El índice de valor de importancia (IVI) se aplicó para las especies del estrato arbóreo y por tipo de bosque, y se calculó como la sumatoria del área basal relativa, la frecuencia relativa y la densidad relativa; mientras que el índice de predominio fisonómico (IPF) se calculó por levantamiento como la sumatoria del área basal relativa, la cobertura relativa y la densidad relativa de las especies del estrato arbóreo.

Para el análisis de la información se tuvieron en cuenta los métodos propuestos por Diazgranados y Ramírez (1999), Rangel-Ch. & Velázquez (1997) y UNESCO, PNUMA y FAO (1980).

RESULTADOS

Configuración espacial de las áreas boscosas

En el área se encontraron dos grandes tipos fisonómicos de vegetación boscosa. Para su denominación se tomaron en cuenta las especies constantes en todos los levantamientos. Además, los bosques son la cobertura más extensa y por tanto se puede considerar la matriz del paisaje (figura 3, tabla 1).

Fueron identificados en total 81 fragmentos de bosque con área mayor a 400 m^2 , 58 de los cuales corresponden al bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con *Pouroma* cf. *aspera* y *Conoste-*

gia icosandra, que ocupa el 36.0% del área total, y 23 al bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con *Protium neglectum* y *Protium* sp., el cual ocupa el 14,8% del área (tabla 1). La mayor extensión de área para el bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con *Pouroma* cf. *aspera* y *Conostegia icosandra* la presenta el fragmento dos con 715,6 ha; para el bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con *Protium neglectum* y *Protium* sp. el fragmento que presenta mayor extensión es el 19 con 126,9 ha. De este punto en adelante se usará la sigla BPC para denotar el bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con *Pouroma* cf. *aspera* y *Conostegia icosandra*, y la sigla BPP para el bosque cerrado siempreverde tropical de copas circulares con *Protium neglectum* y *Protium* sp.

De acuerdo con el índice de forma (Forman, 1995) la forma más similar a un círculo la presentan los fragmentos 19 del BPC, con un valor del índice de 1.95, y el fragmento 1 del BPP, el cual presenta un valor de 2.1. Sin embargo, aunque estos fragmentos presentan menos perímetro en relación con su área, sus áreas son de 0.6 y 3.1 ha respectivamente.

Según el índice de continuidad (FCI) propuesto por Vogelmann (1995) y realizado para cada tipo de bosque, tanto el BPC como el BPP, presentan un índice de continuidad (FCI) de 3.9.

Composición florística

El análisis de la composición y estructura se realizó con base en 809 individuos con DAP mayor o igual a 10 cm, pertenecientes a 74 especies y 33 familias (anexo 1).

Las familias más predominantes en cuanto a número de especies fueron: Moraceae (10 spp.), Leguminosae (5 spp.), Euphorbiaceae

(4 spp.), Lauraceae (4 spp.), Arecaceae (3 spp.), Burseraceae (3 spp.), Chrysobalanaceae (3 spp.), y Melastomataceae (3 spp.). Los géneros registrados con mayor número de especies fueron *Brosimum* (Moraceae), *Ficus* (Moraceae), *Licania* (Chrysobalanaceae), *Saurauia* (Actinidiaceae) y *Vismia* (Guttiferae), todos con 2 especies.

Abundancia y riqueza

Los levantamientos siete y nueve presentaron la mayor riqueza de especies, 15 y 19 respectivamente, mientras que los levantamientos 10 y 15 presentaron la mayor abundancia con 84 y 78 individuos respectivamente. A nivel de bosques, el BPP presentó una riqueza de 26 especies y el BPC presentó una riqueza de 60 especies (tabla 4). Estos resultados fueron registraros para un

área muestreada de 4000 m² y 11 000 m² respectivamente.

Diversidad α

El levantamiento donde se encontró la mayor diversidad de especies fue el 9, donde Shannon - Wiener presentó un valor de 2,68, y Simpson de 0,9; en segundo lugar estuvo el levantamiento 7 con valores de 2,49, y 0,90 respectivamente. Con respecto a los dos tipos de coberturas boscosas, el BPC presenta los mayores valores de diversidad, Shannon-Wiener = 3,39 con una diversidad máxima posible de 4,09 y Simpson = 0,94. Por otro lado el BPP presenta una diversidad de Shannon-Wiener = 2,58 con una diversidad máxima posible de 3,25 y Simpson = 0,87 (tabla 4).

Tabla 4

Abundancia, riqueza y diversidad por levantamiento y por bosque. Lev.: levantamiento, #F: número de familias, #sp: número de especies, #I: número de individuos, H' max.: diversidad máxima, ST: subtotal.

Tipo de bosque	Lev	Inds. con DAP ? 10 cm					
		#F	#sp.	#I	Shannon-W.	H' Max	Simps.
Bosque de <i>Protium neglectum</i> y <i>Protium</i> sp.	1	7	10	53	1,79	2,30	0,78
	2	7	9	46	1,89	2,20	0,82
	3	9	12	36	2,33	2,48	0,89
	4	6	11	57	2,04	2,40	0,83
	ST	17	26	192	2,58	3,25	0,87
Bosque de <i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i> y <i>Conostegia icosandra</i>	5	7	9	31	2,05	2,20	0,85
	6	9	13	46	2,17	2,56	0,84
	7	10	15	44	2,49	2,71	0,90
	8	11	12	62	2,04	2,48	0,82
	9	14	19	60	2,68	2,94	0,91
	10	11	12	84	1,69	2,56	0,69
	11	9	11	68	2,01	2,40	0,83
	12	6	7	41	1,79	1,95	0,81
	13	7	9	55	2,07	2,20	0,86
	14	10	13	48	2,25	2,56	0,86
	15	8	10	78	1,67	2,30	0,73
ST	30	60	617	3,39	4,09	0,94	
Total		33	74	809			

Finalmente, se observó que en general la zona presenta una diversidad baja en relación a la diversidad máxima posible y una alta dominancia de algunas especies (tabla 4).

Estructura de la vegetación

Altura y cobertura

La altura total promedio fue de 12,6 metros y el individuo más alto registrado fue *Astronium graveolens* con 28 metros de altura en el levantamiento 2. Considerando sólo los 147 individuos con altura superior a 18 metros de altura, la altura promedio fue de 20,1 m. Las alturas de menor valor, entre 2,5 y 4 metros, fueron registradas para *Trichipteris procera*, presente en los levantamientos 5 y del 8 al 13. La altura promedio registrada para el BPP fue de 14 metros, mientras que la altura promedio registrada para el BPC fue de 12,2 metros.

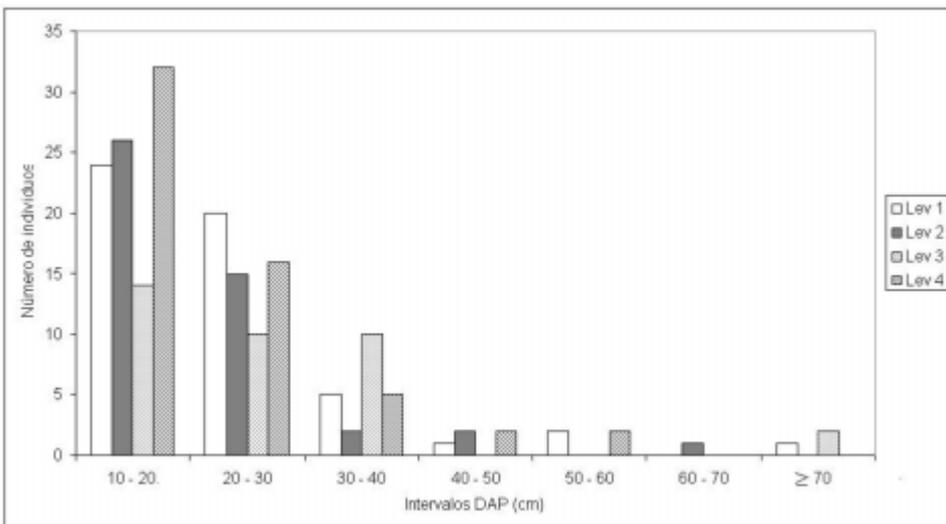
La cobertura total registrada fue de 27,694 m² y la promedio fue de 27,7 m², el individuo con mayor cobertura registrada perte-

necé a la especie *Ficus involuta* var. *urbaniana* con 300 m² de cobertura en el levantamiento 3, seguido por un individuo de la especie *Hyeronima alchorneoides* con 280 m² de cobertura en el levantamiento 5. La cobertura total registrada para el BPP fue de 4,994 m² y la promedio de 26 m²; la cobertura total para el BPC fue de 17,410 m² y la promedio registrada para este último bosque fue de 28,2 m². Los anteriores resultados se registraron para un área total muestreada de 15,000 m², de los cuales 4000 m² fueron en el BPP y 11 000 m² en el BPC.

Distribución de individuos según clases de DAP

En el BPP los levantamientos 1,2 y 4 presentaron una curva con forma de “J” invertida, mientras que el levantamiento 3, presentó valores similares en los primeros tres intervalos y en los últimos ausencia de los mismos (figura 4). En el BPC, los levantamientos del 7 al 11,14 y 15, mostraron una curva con forma de “J” invertida; los levantamientos 5 y 12 presentaron valores

FIGURA 4. Distribución de individuos según clases de DAP para el bosque de BPP.



similares en los primeros intervalos seguidos por varias rupturas en la distribución; y los levantamientos 6 y 13 mostraron rupturas a lo largo de la curva (figura 5).

El BPP presentó en los primeros intervalos de curvas diamétricas individuos jóvenes de *Protium neglectum* y *Protium* sp. (ADS 048); en los últimos intervalos aparecieron especies de *Astronium graveolens*, *Didymopanax* cf. *morotoni* y *Protium neglectum*. Por otra parte, el BPC presentó en los primeros intervalos de curvas diamétricas, plántulas de *Conostegia icosandra* y *Gustavia speciosa* y en los últimos intervalos especies de *Virola sebifera*, *Protium* sp. (ADS 167) y *Pouroma* cf. *aspera*.

Índice de predominio fisonómico (IPF) e Índice de valor de importancia (IVI) para especies del estrato arbóreo

Las especies con mayor valor de predominio fisonómico (IPF) encontradas fueron *Didymopanax* cf. *morotoni* con un valor de predominio fisonómico de 300, *Tetror-*

chidium sp. (levantamiento 12) con un valor de IPF 152, *Didymopanax* cf. *morotoni*, (levantamiento 12) con un valor de 139 y *Hyeronima alchorneoides* (levantamiento 5) con un valor de predominio fisonómico de 135 (tabla 5).

Las especies con mayor valor de importancia (IVI) encontradas fueron, en el BPP, una especie de *Boraginaceae* (078 ADS) con un IVI de 40, seguida por una especie de *Protium* con un valor de 18,4 y de *Protium neglectum* con un IVI de 25,9. En cuanto al BPC, los mayores IVI fueron registrados para una especie de *Tetrorchidium* la cual presentó un valor de importancia de 42,8 seguida por *Didymopanax* cf. *morotoni* con un valor de 31,4 y de *Pouroma* cf. *aspera* con un IVI de 29,3 (tabla 6).

DISCUSIÓN

Configuración espacial de las áreas boscosas usando sensores remotos

El área de estudio presentó una matriz boscosa que ocupa un poco más de la mi-

FIGURA 5. Distribución de individuos según clases de DAP para el bosque de BPC.

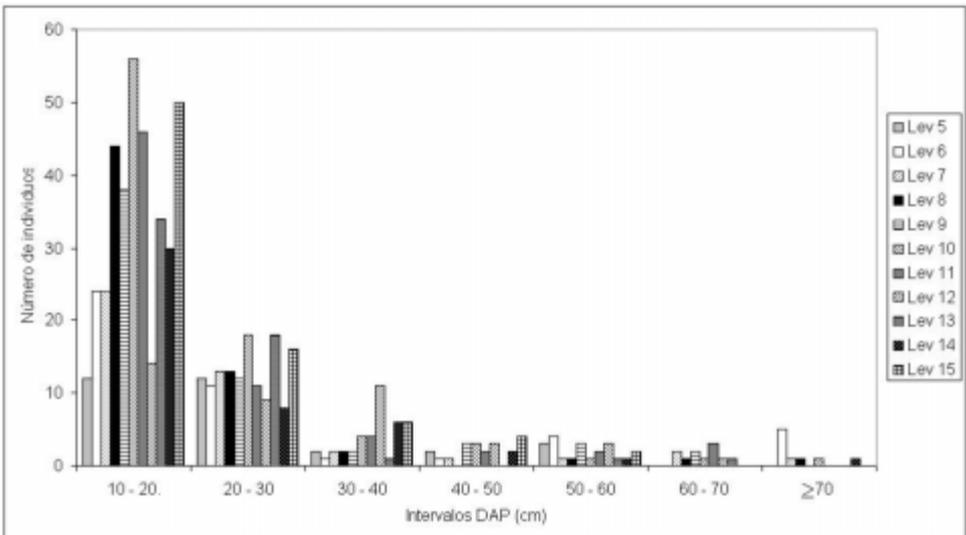


Tabla 5

Índice de predominio fisionómico (IPF) para las especies del estrato arbóreo en los 15 levantamientos. Se presentan las primeras cinco especies con mayor valor IPF por levantamiento, cuando hay más de 5. Lev.: levantamiento. N° col: número de colección.

Lev.	N° col	Especie	Familia	Nombre vernacular	IPF
1	50	<i>Ceiba pentandra</i>	MALVACEAE	Ceiba bonga	50.6
	51	Indet. (051 ADS)	MORACEAE	Higuerón	71.3
	48	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Nolo	48.3
	47	<i>Pterigota colombiana</i>	STERCULIACEAE	Mastre	44.5
	52	Indet. (052 ADS)	-		33.7
2	68	<i>Maquira</i> sp.	MORACEAE		80.7
	46	<i>Astronium graveolens</i>	ANACARDIACEAE	Gusanero	67.3
	48	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Nolo	39.5
	72	<i>Tabebuia chrysantha</i>	BIGNONIACEAE	Guayacán polvillo	31.4
	53	Indet. (053 ADS)	MORACEAE		31.2
3	78	Indet. (078 ADS)	BORAGINACEAE	Guayacán polvillo	81.5
	48	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Nolo	50.7
	79	<i>Ficus involuta</i> var. <i>urbaniana</i>	MORACEAE		51.2
	32	<i>Protium neglectum</i>	BURSERACEAE	Cascarillo	42.4
	69	<i>Didymopanax</i> cf. <i>morototoni</i>	ARALIACEAE	Guarumo macho	28.7
4	32	<i>Protium neglectum</i>	BURSERACEAE	Cascarillo	79.7
	83	<i>Gouepia</i> sp.	CHRYSOBALANACEAE		53.1
	80	<i>Brosimum alicastrum</i>	MORACEAE		61.7
	85	<i>Cordia</i> cf. <i>bicolor</i>	BORAGINACEAE	Muñeco	39.9
	78	Indet. (078 ADS)	BORAGINACEAE	Guayacán polvillo	39.9
5	102	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	EUPHORBIACEAE	Zapotillo	135.5
	103	<i>Tetrorchidium</i> sp.	EUPHORBIACEAE	Blanquito	84.2
	85	<i>Cordia</i> cf. <i>bicolor</i>	BORAGINACEAE	Muñeco	43.0
	88	<i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i>	MORACEAE	Guarumo fruto de indio	37.3
6	102	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	EUPHORBIACEAE	Zapotillo	68.0
	137	<i>Poulsenia armata</i>	MORACEAE		58.4
	104	<i>Guárea</i> cf. <i>guidonia</i>	MELIACEAE	Zambocedro	59.3
	88	<i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i>	MORACEAE	Guarumo fruto de indio	35.0
	105	Indet. (105 ADS)	LAURACEAE	Laurel oreja de mula	16.3
7	104	<i>Guárea</i> cf. <i>guidonia</i>	MELIACEAE	Zambocedro	86.3
	48	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Nolo	66.5

	138	<i>Spondias radlkoferi</i>	ANACARDIACEAE	Hobo	42.5
	102	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	EUPHORBIACEAE	Blanquito	43.2
	137	<i>Poulsenia armata</i>	MORACEAE		31.0
8	103	<i>Tetrorchidium</i> sp.	EUPHORBIACEAE	Blanquito	80.4
	54	<i>Virola sebifera</i>	MIRYSTICACEAE	Molenillo	74.9
	48	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Nolo	69.1
	88	<i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i>	MORACEAE	Guarumo fruto de indio	42.3
	85	<i>Cordia</i> cf. <i>bicolor</i>	BORAGINACEAE	Muñeco	33.4
9	164	Indet. (164 ADS)	LAURACEAE	Laurel Guacharaco	63.3
	88	<i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i>	MORACEAE	Guarumo fruto de indio	60.6
	69	<i>Didymopanax</i> cf. <i>morototoni</i>	ARALIACEAE	Guarumo macho	47.9
	48	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Nolo	54.5
	163	Indet. (163 ADS)	LAURACEAE	Laurel tropecia	48.1
	165	Indet. (165 ADS)			-25.6
10	154	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE		65
	136	<i>Sloanea</i> sp.	ELAEOCARPACEAE	Achotillo	56,7
	54	<i>Virola sebifera</i>	MIRYSTICACEAE	Molenillo	46,9
	182	<i>Pera</i> sp.	EUPHORBIACEAE		44,6
	103	<i>Tetrorchidium</i> sp.	EUPHORBIACEAE	Blanquito	33
11	103	<i>Tetrorchidium</i> sp.	EUPHORBIACEAE	Blanquito	76.9
	183	<i>Dendropanax</i> cf. <i>palustris</i>	ARALIACEAE	Mangito biche	55.4
	164	Indet. (164 ADS)	LAURACEAE	Laurel Guacharaco	49.2
	163	Indet. (163 ADS)	LAURACEAE	Laurel tropecia	50.1
	85	<i>Cordia</i> cf. <i>bicolor</i>	BORAGINACEAE	Muñeco	23.0
12	103	<i>Tetrorchidium</i> sp.	EUPHORBIACEAE	Blanquito	152.0
	69	<i>Didymopanax</i> cf. <i>morototoni</i>	ARALIACEAE	Guarumo macho	139.5
	163	Indet. (163 ADS)	LAURACEAE	Laurel tropecia	8.4
13	69	<i>Didymopanax</i> cf. <i>morototoni</i>	ARALIACEAE	Guarumo macho	300.0
14	48	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Nolo	123.5
	88	<i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i>	MORACEAE	Guarumo fruto de indio	39.2
	54	<i>Virola sebifera</i>	MIRYSTICACEAE	Molenillo	33.4
	167	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Caraño	30.6
	32	<i>Protium neglectum</i>	BURSERACEAE	Cascarillo	22.1
15	54	<i>Virola sebifera</i>	MIRYSTICACEAE	Molenillo	94.0
	164	Indet. (164 ADS)	LAURACEAE	Laurel Guacharaco	75.2
	88	<i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i>	MORACEAE	Guarumo fruto de indio	34.9
	167	<i>Protium</i> sp.	BURSERACEAE	Caraño	33.1
	163	Indet. (163 ADS)	LAURACEAE	Laurel tropecia	25.4

Tabla 6.
Índice de valor de importancia (IVI) para las especies del estrato arbóreo por tipo de bosque.

N° col.	Especie	IVI	N° col.	Especie	IVI
78	Indet. (078 ADS)	40,0	103	<i>Tetrorchidium</i> sp.	42,8
48	<i>Protium</i> sp.	38,4	69	<i>Didymopanax</i> cf. <i>morototoni</i>	31,4
32	<i>Protium neglectum</i>	25,9	88	<i>Pouroma</i> cf. <i>aspera</i>	29,3
46	<i>Astronium graveolens</i>	19,6	54	<i>Virola sebifera</i>	23,2
69	<i>Didymopanax</i> cf. <i>morototoni</i>	19,5	48	<i>Protium</i> sp.	22,3
52	Indet. (052 ADS)	17,2	164	Indet.(164 ADS)	19,9
79	<i>Ficus involuta</i> var. <i>urbaniana</i>	16,4	102	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	18,4
50	<i>Ceiba pentandra</i>	15,5	163	Indet.(163 ADS)	17,5
51	Indet. (051 ADS)	14,7	104	<i>Guarea</i> cf. <i>guidonia</i>	10,8
68	<i>Maquira</i> sp.	14,0	183	<i>Dendropanax</i> cf. <i>palustris</i>	8,3
80	<i>Brosimum alicastrum</i>	13,7	167	<i>Protium</i> sp.	7,4
85	<i>Cordia</i> cf. <i>bicolor</i>	12,1	136	<i>Sloanea</i> sp.	6,7
47	<i>Pterigota colombiana</i>	10,5	85	<i>Cordia</i> cf. <i>bicolor</i>	6,2
83	<i>Gouepia</i> sp.	9,5	154	<i>Ficus</i> sp.	6,1
49	Indet. (049 ADS)	8,5	105	Indet. (105 ADS)	6,1
53	Indet. (053 ADS)	8,5	41	<i>Cecropia peltata</i>	5,7
70	<i>Vismia</i> sp.	8,4	138	<i>Spondias radlkoferi</i>	5,5
54	<i>Virola sebifera</i>	7,7	182	<i>Pera</i> sp.	4,5
	Total	300,0	137	<i>Poulsenia armata</i>	3,5
			32	<i>Protium neglectum</i>	3,4
			78	Indet. (078 ADS)	3,4
			165	Indet.(165 ADS)	3,1
			94	<i>Pseudolmedia</i> sp.	3,1
			142	Indet. (142 ADS)	3,0
			109	Indet. (109 ADS)	2,9
			68	<i>Maquira</i> sp.	2,9
			81	Indet. (081 ADS)	2,8
				Total	300,0

tad del paisaje (50.8%), y es la cobertura dominante. El mantenimiento de estos bosques puede deberse a la escarpada topografía de la zona, ya que según Primack (1998) las áreas más accesibles de relieve poco accidentado son las primeras en ser alteradas por su fácil acceso. Sin embargo, estas cifras presentan un sesgo, ya que corresponden a la extensión del fragmento hasta los 600 msnm, y su extensión real sobresale del área de estudio de manera visible en campo hasta los 1000 msnm.

Con respecto a los demás fragmentos, se observó que en general presentan un reducido tamaño (promedio = 14,5 ha), por lo que se puede suponer que en éstos la importancia del efecto de borde es mayor. De acuerdo con Saunders, Hobbs y Margules (1991) la influencia de los cambios físicos y biogeográficos es modificada por el tamaño, la forma y la posición en el terreno de remanentes individuales siendo los remanentes grandes los menos afectados adversamente por el proceso de fragmentación.

El fragmento 17 del BPP y el fragmento 2 del BPC, los dos de mayor tamaño muestreados, presentaron un índice de forma de 10,0 y 21,1 respectivamente, lo que indica una enorme complejidad en su forma y una gran área de hábitat de borde, esto debido quizás a los patrones históricos de la fragmentación (Carmo, Finegan y Harvey, 2001). De acuerdo con el índice de continuidad (FCI) propuesto por Vogelmann (1995), ambos tipos de bosque presentaron igual continuidad con valores de 3,9. Estos valores, de acuerdo con Carmo, Finegan y Harvey (2001), indican una buena continuidad espacial, lo cual favorece la implementación de acciones de conservación dirigidas a reestablecer conectividad.

La zona, presenta entonces una tipología de paisaje fragmentado que todavía retiene un buen porcentaje de bosque remanente con buena continuidad espacial, pero sus

fragmentos tienen una forma irregular, lo que causa predominancia de hábitat de borde en el paisaje.

Composición florística

Con base en el dendrograma de afinidad de Bray-Curtis (figura 6) los 15 levantamientos se dividen en dos grupos. El primer grupo lo conforman los levantamientos 1, 2, 3, 4 y 6. Los levantamientos del 1 al 4 pertenecen al BPP y el levantamiento 6 es el único levantamiento de este grupo que pertenece al BPC. La inclusión de este levantamiento en este grupo, aunque sea con una muy baja afinidad (0,1), se debe a unas pocas especies coincidentes entre los levantamientos, lo cual puede ser el resultado de la insuficiencia de la escala trabajada durante el análisis de la imagen satelital para precisar aún más las diferencias florísticas entre las áreas boscosas.

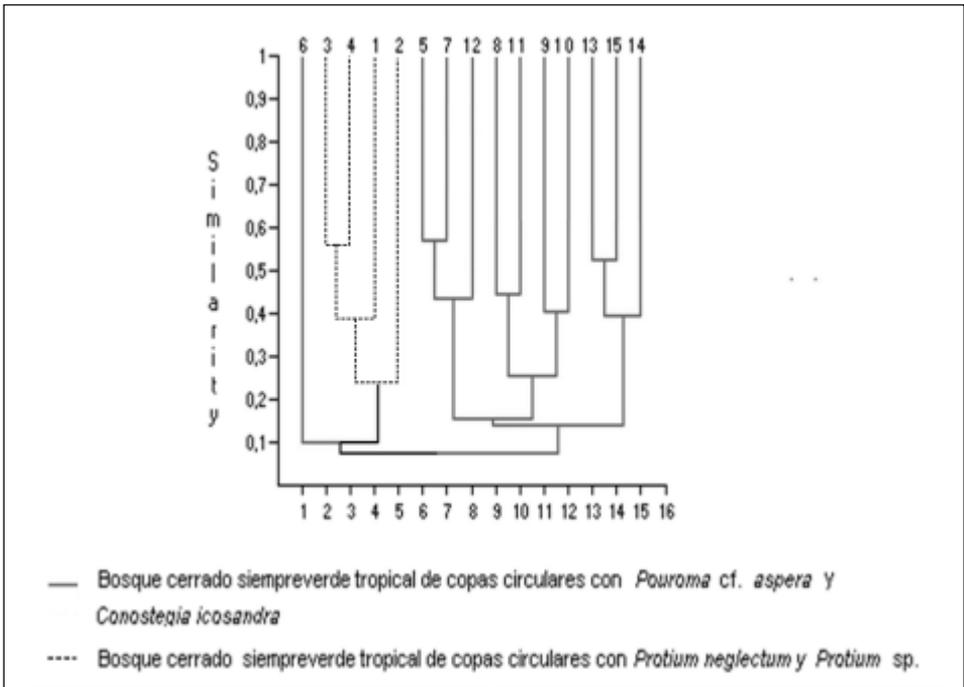


FIGURA 6. Dendrograma de afinidad de Bray-Curtis.

Un segundo grupo incluye los levantamientos 5, 7 y del 8 al 15, los cuales corresponden al BPC. En este grupo se observa claramente una división: los levantamientos 5 y del 7 al 12 se separan de los levantamientos 13,14 y 15 con una afinidad superior a 0.1. La poca afinidad entre levantamientos de un mismo tipo de bosque puede ser resultado de la lejanía entre los levantamientos, o al igual que en el caso anterior, de que la escala trabajada durante la delimitación de las áreas de bosque fue insuficiente para precisar aún más las diferencias de composición de especies entre los mismos.

Con respecto a lo anterior, vale la pena resaltar la efectividad a este nivel de la interpretación de la imagen y de la escala de detalle, ya que de manera general, con la única excepción del levantamiento 6, se diferenciaron bosques florísticamente diferentes.

En cuanto a la composición por levantamiento y su comparación con otros estudios realizados en la Sierra Nevada de Santa Marta y sus estribaciones, los levantamientos 1, 7 y 15, aunque presentaron entre sí una notable diferencia en cuanto a la proporción de las especies, tienen elementos coincidentes con la alianza *Zigio Longifoliae-Violion Sebiferae* reportada por Cleef *et al.* (1984) para el transecto Buritaca-La Cumbre. Los levantamientos del 8 al 11 presentaron elementos coincidentes tanto con la alianza *Zigio Longifoliae-Violion Sebiferae* reportada por Cleef *et al.* (1984) como con la comunidad *Nectandra cf. reticulata*, *Gustavia cf. speciosa* y *Trichipteris procera*, reportada por Lozano (1984).

Las especies más comunes encontradas en todos los levantamientos coincidieron con las especies reportadas como comunes por Rubiano, Ortiz y Dueñas (1994) en el río Buritaca, según estos autores las especies

más comunes encontradas en el nivel arbóreo fueron *Dendropanax arboreus*, *Pouroma aspera*, *Conostegia icosandra*, *Terminalia amazonica* y *Poulsenia armata*; y en el nivel subarbóreo se presentaron en concentración mayor individuos entre los 5 y 15 cm de DAP, y las especies encontradas más frecuentemente fueron *Conostegia icosandra*, *Saurauia yasicae*, *Gustavia speciosa* y *Sloanea robusta*; a los 3 m se presentó un estrato constituido principalmente por *Trichipteris procera* (Rubiano, Ortiz y Dueñas, 1994).

Asimismo, las familias más abundantes en cuanto a número de especies registradas en este estudio, coincidieron con las familias que según Gentry (1988), contribuyen en la riqueza de especies de diferentes comunidades de plantas y son altamente predecibles en los neotrópicos, éstas son: Leguminosae, Lauraceae, Annonaceae, Rubiaceae, Moraceae, Myristicaceae, Sapotaceae, Meliaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae y Bignoniaceae. Estas familias, de acuerdo con el mismo autor, contribuyen con cerca de la mitad (52%) de la riqueza de especies para muestreos de 0.1 ha en bosques de tierras bajas.

Abundancia, riqueza y diversidad á

En comparación con otros estudios realizados en bosques húmedos de Centro y Sur América, tanto la densidad como la diversidad de árboles con DAP = 10 cm en la zona de estudio, está por debajo de los promedios reportados por Gentry (1986) (tabla 7).

Estos valores, pueden darse básicamente por cuatro posibles razones: la primera, porque los levantamientos registrados por Gentry (1986) se hacían en 10 subtransectos de 50 x 2 m, lo cual favorece el aumento del número de especies, ya que de acuerdo con Rangel-Ch. & Velázquez (1997), la

Tabla 7
Abundancia y riqueza en 8 bosques húmedos neotropicales.

Localidad (Autor)	# de individuos con DAP > 10 cm / 0.1 ha	# de especies con DAP > 10 cm / 0.1 ha
Curundu (PAN) (Gentry, 1986)	52	30
INPA, Manaus, (BRA) (Gentry, 1986)	34	21
Madden forest (PAN) (Gentry, 1986)	38	34
Río Palenque (ECU) (Gentry, 1986)	42	25
Potrero grande (CR) (Holdridge, 1971 en: Gentry, 1986)	50	21
Los inocentes (CR) (Holdridge, 1971 en: Gentry, 1986)	59	37
Mocagua Amazonas (COL) (Prieto, 1994)	58	21
Promedio Reportado por Gentry (1986)	59 64 (+ lianas)	40 42 (+ lianas)
Río San Salvador (este estudio)	54	Max: 19; Min: 7 Prom: 12

Prom.: 12

metodología del transecto puede incluir varios hábitats; segunda, por intervención y tala selectiva de estos bosques en el pasado; tercera, por que la metodología de muestreo propuesta en este estudio puede reducir el número de especies registradas; y cuarta, porque tanto la riqueza como la densidad pueden verse muy influenciados por la topografía del terreno y el suelo.

Según UNESCO, PNUMA y FAO (1980), la abundancia de los árboles está muy relacionada con la topografía del terreno; así, las laderas con fuerte pendiente, superior al 30%, presentan menos árboles por hectárea que las de inclinación suave y moderada. La mayor abundancia de individuos

con DAP > 10 cm la presentan los levantamientos 10 (84 individuos) y 15 (78), valores que pueden ser el resultado de la relación de la abundancia de árboles con la topografía del terreno, ya que estos levantamientos se realizaron en pendientes de 20 y 8% respectivamente; por otro lado, el menor valor de abundancia se registró en el levantamiento 5, realizado sobre una pendiente de 35% (tabla 3).

De acuerdo con Huston (1980) la riqueza de plantas es baja en suelos pobres, aumenta conforme sube el nivel de nutrientes, y vuelve a disminuir cuando el suelo es muy fértil. De esta manera, la baja riqueza de la zona en general (12 especies en promedio),

comparada con el promedio calculado por Gentry (40 spp.) (1986), puede ser explicada por la baja fertilidad del suelo, la cual según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1995) es de baja a moderada.

En lo referente a la diversidad a nivel de los levantamientos, los mayores valores que fueron los registrados para los levantamientos 9 y 7 del BPC (Shannon – Wiener 2,68 y 2,49 respectivamente), son muy similares a los reportados por Rubiano, Ortiz y Dueñas (1994) para tres levantamientos de 0.1 ha en la cuenca baja del río Buritaca (2,43, 2,50 y 2,65). Por otro lado, el BPP presentó una menor diversidad Shannon – Wiener en comparación con la presentada por el BPC.

Lo anterior, podría explicarse tanto por la tala selectiva en el pasado, como por la relación entre área y diversidad propuesta por Leigh *et al.* (1993), en donde los bosques continuos presentan una mayor diversidad que los pequeños fragmentos de bosque que presentan una baja diversidad de especies de árboles. En este caso el BPC presenta una extensión de 751,6 ha, a diferencia del BPP con sólo 45,7 ha.

Con respecto a la igualdad entre los valores de diversidad de Simpson para los dos tipos de bosque, ésta puede deberse a la similar dominancia de cierto número de especies.

Estructura de la vegetación

Altura y cobertura

La altura promedio del dosel registrada para la zona fue de 20,1 m. Este valor indica una baja altura con respecto a los bosques reportados por Cleef *et al.* (1984) para la cuenca del río Buritaca, la cual varía entre 25 y 30 m, y por Lozano (1984) para el Parque Nacional Natural Tayrona, que alcanza con frecuencia alturas de 30 m.

El poco desarrollo de los individuos en algunas zonas de la cuenca puede ser el resultado de intervención pasada por lo que estos bosques pueden tener áreas con elementos en regeneración. Asimismo este poco desarrollo puede estar fuertemente relacionado con la topografía del terreno, la cual presenta un promedio de 16% de pendiente, ya que según UNESCO, PNUMA y FAO (1980) las laderas con fuerte pendiente parecen ser más ricas en árboles pequeños que las mesetas, pero más pobres que éstas en árboles grandes. Asimismo, Clark *et al.* (1999) afirma que el efecto del suelo en la vegetación puede verse modificado por la topografía; es decir, por el grado de extensión de la pendiente. En un bosque en pendiente, por ejemplo, la tasa de formación de claros puede ser más alta y el dosel más bajo que en uno que se encuentre en plano.

A nivel de bosques, la diferencia entre la altura promedio registrada para el BPP y el BPC puede ser explicada por la alta frecuencia de la especie *Trichipteris procera* en los levantamientos del BPC, la cual presentó una altura máxima de 4 metros, mientras que en el BPC la menor altura registrada fue de 8 metros.

Con respecto a la cobertura, la cobertura total registrada es menor a la esperada, ya que según la UNESCO, PNUMA y FAO (1980) el área cubierta, en estudios realizados en la Guyana Francesa, es alrededor 2.5 veces el área del terreno si se consideran árboles de DAP = 10 cm, por lo cual la cobertura esperada sería aproximadamente de 37,000 m², lo cual indica que la cantidad de luz que alcanza el interior de la masa forestal es mayor. Por otro lado, la diferencia entre coberturas del BPP y el BPC puede estar relacionado con la alta frecuencia de individuos emergentes de grandes copas en el dosel de BPC.

Distribución de individuos según clases de DAP

La forma de "J" invertida en las distribuciones de individuos según clases de DAP, en los levantamientos 1, 2, 4, del 7 al 11, 14 y 15, es un indicativo del proceso de regeneración de estos bosques o del buen estado de conservación de los mismos, ya que según UNESCO, PNUMA y FAO (1980) en el bosque primario, las especies esciófitas presentan patrones de crecimiento en J invertida y las heliófitas en forma de recta. Por otro lado, los levantamientos 5 y 12 presentan patrones de crecimiento de especies secundarias, mientras los levantamientos 6 y 13 presentan rupturas que pueden ser el resultado de claros selectivos.

Con respecto a los dos tipos de bosque analizados, se puede observar que ambos presentan en general levantamientos con distribuciones con forma de "J" invertida, lo que indica el proceso de regeneración natural o el buen estado de conservación de ambos; las excepciones pueden ser resultado de intervención a menor escala en algunas áreas como por ejemplo por claros selectivos.

Índice de predominio fisonómico (IPF) e Índice de valor de importancia (IVI) para especies del estrato arbóreo

El valor de 300 de IPF registrado por *Didymopanax cf. morototoni*, en levantamiento 13 del BPC, se debe a que este es un bosque secundario con alta frecuencia de especies heliófitas, por lo que esta es la única especie presente en el dosel de este levantamiento. Asimismo, los altos valores de IVI e IPF registrados para *Tetrorchidium* sp. en el levantamiento 12 y en el BPC puede deberse, al igual que en el anterior levantamiento, a que este es un bosque secundario. Estos resultados son coincidentes con los resultados mostrados en el análisis

de la distribución de individuos según clases de DAP.

CONCLUSIONES

- El análisis a escala 1: 10.000 de la imagen satelital IKONOS permitió separar en un primer nivel dos bosques con diferencias florísticas y estructurales marcadas.
- El paisaje de la zona presenta una tipología de paisaje fragmentado que todavía retiene un buen porcentaje de bosque remanente con buena continuidad espacial, pero sus fragmentos tienen una forma irregular, lo que causa predominancia de hábitat de borde en el paisaje.
- En un área total muestreada de 15.000 m² se registraron 809 individuos, pertenecientes a 74 especies y 33 familias. La zona presenta una riqueza de árboles con DAP > 10 cm inferior a la registrada en otros bosques húmedos tropicales, posiblemente debido a la metodología usada, intervenciones pasadas y por la escarpada topografía de la zona y la baja fertilidad del suelo. La abundancia de individuos es en contraposición muy elevada.
- Las familias más predominantes en cuanto a número de especies fueron: Moraceae (10 spp.), Leguminosae (5 spp.), Euphorbiaceae (4 spp.), Lauraceae (4 spp.), Arecaceae (3 spp.), Burseraceae (3 spp.), Chrysobalanaceae (3 spp.), y Melastomataceae (3 spp.).
- Los géneros registrados con mayor número de especies fueron *Brosimum* (Moraceae), *Ficus* (Moraceae), *Licania* (Chrysobalanaceae), *Saurauia* (Actinidiaceae) y *Vismia* (Guttiferae), todos con 2 especies.

- El establecimiento de las áreas de muestreo a partir de la altura, tal como propuesto en este estudio, es eficaz para calcular la abundancia de individuos; sin embargo, la riqueza de especies puede verse afectada.
- La mayoría de las distribuciones de curvas diamétricas presentaron forma de “J” invertida, indicando el estado de regeneración de los bosques o su buen estado de conservación. Las excepciones pueden ser resultado de intervención a menor escala en algunas áreas, donde se colocaron unos pocos levantamientos, como por ejemplo por claros selectivos.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, por la financiación de la investigación dentro del Proyecto de “Conservación de la biodiversidad” financiado por el Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial (FFEM). A Humberto Mendoza y al Dr. Santiago Madriñán por la colaboración en la determinación del material botánico. A los profesores del herbario de la Pontificia Universidad Javeriana, por la colaboración en el proceso de herborización e identificación. A la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales de la Universidad Javeriana por facilitar los equipos de cómputo para el análisis de la imagen satelital.

LITERATURA CITADA

- CARMO, A., FINEGAN, B. y HARVEY, C. Evaluación y diseño de un paisaje fragmentado para la conservación de la biodiversidad. *Revista Forestal Centroamericana*, 2001, CATIE, 34, 35-41.
- CASTAÑO, U.C. Oasis de niebla, en: Uribe (ed). *Bosques de niebla de Colombia*,

Banco de Occidente, Colombia, 1991, 20-8.

- CLARK, D.B., PALMER, M. y CLARK, D.A. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forest trees. *Ecology*, 1999, 80, 2662-75.

- CLEEF, A.M., RANGEL, O., VAN DER HAMMEN, T. y JARAMILLO, R. La vegetación de las selvas del transecto Buritaca, en: Van der Hammen, Thomas y Pedro Ruiz (eds.), *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). Transecto Buritaca - La Cumbre*, Berlín: J. Cramer. (Estudios de ecosistemas tropandinos, 1984, 2), 267-406.

- DIAZGRANADOS, M. y RAMÍREZ, W. Estructura y diversidad de la vegetación del Parque Natural Chicaque (Cundinamarca). Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”. *Memorias del primer congreso colombiano de botánica*, Bogotá, DC., Universidad Nacional de Colombia [disco compacto], 1999.

- ESPINAL, L.S. y MONTENEGRO, E. *Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa del mapa ecológico*, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, 1963, 201.

- FORMAN, R. *Land Mosaics - The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 1995, 632.

- Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. *Historia y geografía de la Sierra Nevada de Santa Marta*, FPSN, CORPES, Fondo FEN, Banco de Occidente, UICN, Santa Fe de Bogotá, 1991, 47.

- Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. *Evaluación ecológica rápida: definición de áreas críticas para la con-*

- servación en la Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia: Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, Ministerio del Medio Ambiente - UAESPNN, The Nature Conservancy, Santa Marta, 1998, 134.
- Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. *Proyecto de conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Selección y caracterización de zonas piloto*, Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, Santa Marta, 2001, 54-68.
- Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. (Sin pub.), *Bases técnicas para la formulación de una estrategia de conservación ecorregional*. Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, Santa Marta, 60.
- GENTRY, A. Species Richness and Floristic Composition of Chocó Region Plant Communities. *Caldasia*, 1986, 15 (71-75), 71-91.
- GENTRY, A. Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1988, 75 (1), 1-34.
- HUSTON, M.A. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests. *Journal of Biogeography*, 1980, 7: 147-157.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales —IDEAM—. *Banco de datos del área operativa*, n°5, sede Santa Marta, Colombia, 2001.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi —IGAC—. *Estudio general de suelos de la Sierra Nevada de Santa Marta*, Subdirección de Agrología, IGAC, Bogotá, 1995, 380.
- JENNINGS, M. *Clasificación modificada de la cubierta natural terrestre de la UNESCO*. Manual para el análisis geográfico de omisiones de conservación "gap analysis", University of Idaho, 2001, 26-36.
- LEIGH, E.G., WRIGHT, S.J., HERRE, E.A. y PUTZ, F.E. The decline of tree diversity on newly isolated tropical islands: A test of a null hypothesis and the implications. *Evolutionary Ecology*, 1993, 7, 76-102.
- LOZANO, G. Comunidades vegetales del flanco norte del cerro "El Cielo", y la flora vascular del Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena, Colombia), en: Van der Hammen, Thomas y Pedro Ruiz (eds.). *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buritaca - La Cumbre*, J. Cramer, Berlín, (estudios de ecosistemas tropandinos, 1984, 2, 407-21.
- PRIETO, A. *Análisis estructural y florístico de la vegetación de la isla Mocagua, río Amazonas, Amazonia colombiana*, trabajo de grado (bióloga), carrera de biología, Universidad Nacional, Bogotá, 1994, 128.
- PRIMACK, R. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer associates Publishers. Sunderland, Massachussets, USA, 1998, 397-427.
- RAMÍREZ, A. *Ecología aplicada: Diseño y análisis estadístico*, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 1999, 129-66.
- RANGEL-CH, O. y GARZÓN, A. Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia), en: Rangel-Ch, O (eds.), *Colombia diversidad biótica*, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, DC, 1995, 155-70.

- RANGEL-CH, O. y VELÁZQUEZ, A. Métodos de estudio de la vegetación, en: Rangel-Ch, O. Lowy, P., Aguilar, M. *Colombia, diversidad biótica II: tipos de vegetación en Colombia*, Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales —IDEAM—, Bogotá, DC, 1997, 59-87.
- RUBIANO, L., ORTIZ, R. y DUEÑAS, H. Caracterización fisionómica, estructural y florística de un área selvática en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 1994, 42 (1/2), 89-105.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J. y MARGULES, C.R. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A review. *Conservation Biology*, 1991, 5 (1), 18-32.
- UNESCO, PNUMA y FAO. *Ecosistemas de los bosques tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Madrid, 1980, 573-88.
- VOGELMANN, JE. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information systems technology. *Conservation Biology*, 1995, 9 (2), 439-49.

Recibido: 01-03-2007

Aprobado: 30-08-2007

Anexo 1. Listado de especies con DAP = 10 cm. y abundancia en los 15 levantamientos.

Nº col	FAMILIA	Especie	Nombre Vernáculo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
108	ACTINIDIACEAE	<i>Saurauia vasicae</i>						4										
187	ACTINIDIACEAE	<i>Saurauia</i> sp.											8					
46	ANACARDIACEAE	<i>Astronium graveolens</i>	Gasatero	1	1													
138	ANACARDIACEAE	<i>Spondias ruffoferi</i>	Hobo							2								
132	ANONACEAE	Indeterminado	Anoncillo						8									
69	ARALIACEAE	<i>Dialytopanax cf. maritimum</i>	Guarumo macho		1	2						1			8	5		
183	ARALIACEAE	<i>Dendropanax cf. puberula</i>	Mangito biche										1	4				
36	ARECACEAE	<i>Attalea butyracea</i>	Palma de Vino						4									
56	ARECACEAE	Indeterminado	Maquesque				4				4						14	36
173	ARECACEAE	Indeterminado	Maquesque negro									4						
72	BIGNONIACEAE	<i>Talbotia chrysantha</i>	Guayacan polvillo			2												
50	BOMBACACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba bonga	1														
78	BORAGINACEAE	Indeterminado	Trompito			4	1											1
85	BORAGINACEAE	<i>Coraha cf. bicolor</i>	Muñeco				2	2			1	2		1		14	2	
32	BURSERACEAE	<i>Protium cf. neglectum</i>	Cascarillo	12	10	5	17									8	5	4
48	BURSERACEAE	<i>Protium</i> sp.	Nelo	20	8	4	13			3	1	1						4
167	BURSERACEAE	<i>Protium</i> sp.	Caraho									2				6	1	1
41	CECROPIACEAE	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo						1	1	2							
88	CECROPIACEAE	<i>Pourouma cf. aspera</i>	Guarumo fruto de indio			4	2	1	14		5	4	1	2			6	6
210	CELASTRACEAE	<i>Myrsine cf. longipes</i>																2
83	CHRYSOBALANACEAE	<i>Couepia</i> sp.				4	3	4										
155	CHRYSOBALANACEAE	<i>Licania cf. barlingii</i>	Coralillo										2					
169	CHRYSOBALANACEAE	<i>Licania</i> sp.	Rosadino										2					
112	CYATHACEAE	<i>Trichoparis proceris</i>	Helecho macho								10	10		10				
136	ELAEOCARPACEAE	<i>Siumera</i>	Achotillo										2	3				
49	EUPHORBIACEAE	Indeterminado	Toluha	1														
102	EUPHORBIACEAE	<i>Hymenoclea albertensis</i>	Zapocillo					4	1	1								
103	EUPHORBIACEAE	<i>Ternstroemia</i> sp.	Blanquito					8		4	1		1	4	12	4		1
182	EUPHORBIACEAE	<i>Pera</i> sp.											1					
207	EUPHORBIACEAE	<i>Pera</i> sp.	Bucortala (arsario)															4
208	FLACOURTIACEAE	<i>Casuarina</i> sp.	Escubillo															2
70	GUTTIFERAE	<i>Vivida</i> sp.						13										
135	GUTTIFERAE	<i>Ficus cf. buccifera</i>	Salmoncillo														4	
168	ICACTINACEAE	<i>Cafutola costaricensis</i>											2					
52	Indeterminado	Indeterminado				5	1											
109	Indeterminado	Indeterminado						4	1									
140	Indeterminado	Indeterminado								2								
141	Indeterminado	Indeterminado								2								
145	Indeterminado	Indeterminado								4								
165	Indeterminado	Indeterminado										1						
170	Indeterminado	Indeterminado										4						
188	Indeterminado	Indeterminado											2					
105	LAURACEAE	Indeterminado	Laurel oreja de mula					2	1	5								
142	LAURACEAE	Indeterminado	Laurel amarillo												1			
163	LAURACEAE	Indeterminado	Laurel tropicica									1		1	1		1	3
164	LAURACEAE	Indeterminado	Laurel Guachamaco									2		9			2	6
153	LECYTHIDACEAE	<i>Gouania speciosa</i>	Membrillo									22	10	44	20			
LEG/																		
139	CAESALPINIACEAE	<i>Brosimum</i> sp.	Arizá						2	2	2							
55	LEG/ MIMOSACEAE	<i>Pithecellobium cf. longyolium</i>	Guamito de río									4						4
71	LEG/ MIMOSACEAE	<i>Jugu</i> sp.	Guamo macho			4												
202	LEG/ MIMOSACEAE	<i>Jugu</i> sp.	Guamo peluda												4			
81	LEG/ PAPILIONACEAE	Indeterminado				2			3									
86	MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia</i> sp.	Zanco de mula													6		4
106	MELASTOMATAACEAE	<i>Conostegia icouandra</i>	Sin nombre								4	4	12	4				
203	MELASTOMATAACEAE	<i>Bellucia</i> sp.														6		
104	MELIACEAE	<i>Galeara cf. guianensis</i>	Zambocedro					2	2	1								
54	MIRISTICACEAE	<i>Vivida sebifera</i>	Molenillo	4	1					6	6	4	4	12			4	16
114	MONIMIACEAE	<i>Mollinozia</i> sp.	Café Montañero							2								
51	MORACEAE	Indeterminado	Higueron			2												
53	MORACEAE	Indeterminado		6	5		2		4	8								
68	MORACEAE	<i>Maquira</i> sp.			2					1								

79	MORACEAE	<i>Ficus involucrata</i> var. <i>arbutifolia</i>				1												
80	MORACEAE	<i>Brosimum alicatastrum</i>				2	3											
87	MORACEAE	<i>Tropis</i> sp.					4											
94	MORACEAE	<i>Pseudolobelia</i> sp.																1
97	MORACEAE	<i>Brosimum</i> cf. <i>guianensis</i>					6											
137	MORACEAE	<i>Pachystima arbutifolia</i>						2	1									
154	MORACEAE	<i>Ficus</i> sp.										1						
206	MYRSINACEAE	Indeterminado	Carne asada														6	2
82	RUBIACEAE	<i>Atanion corimbosa</i>					6											
162	RUBIACEAE	<i>Palcourea</i> sp.	Revienta barriga									4						
47	STERCULIACEAE	<i>Pterigota colombiana</i>	Mastre			1												
186	TILIACEAE	<i>Trichospermum mexicanum</i>	Berraguillo									2					6	
134	ULMACEAE	Indeterminado	Majaguino									4						