

PÉREZ ARBELAEZIA

15 - Agosto de 2004

ISSN 0120-7717



Odontoglossum luteopurpureum. Lindl
Flor insignia de Bogotá

FLORA DE LA REAL EXPEDICIÓN BOTÁNICA
DEL NUEVO REINO DE GRANADA (1783 - 1816)



ENRIQUE PÉREZ ARBELÁEZ

1986 - 1972

Sacerdote - Investigador

Fundador del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

PÉREZ
ARBELÁEZIA

Publicación del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, dedicada a la memoria de su fundador, el doctor Enrique Pérez Arbeláez, quien consagró su vida a institucionalizar la tradición científica de Colombia y a fomentar la investigación, divulgación y defensa de nuestros recursos naturales.



Mutisia clematis L.

Planta ornamental nativa seleccionada como emblema del Jardín Botánico de Bogotá. Debe su nombre a la exaltación que el ilustre botánico Linneo quiso hacer en homenaje a José Celestino Mutis. Es una planta trepadora con zarcillos, hojas tomentosas en tonalidades verde grisáceo y flores casi siempre pedunculares, que con su color rojo vivo atraen insectos y colibríes.



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Luis Eduardo Garzón

Jardín Botánico de Bogotá

“José Celestino Mutis”

Directora

Martha Liliana Perdomo Ramírez

Secretaria General

Angélica Díaz Ortiz

Jefe Oficina Asesora Jurídica

Edna Patricia Rangel Barragán

Jefe Oficina Asesora de Control Interno

Nancy Sanabria Rojas

Asesor de Planeación

Vladimir Forero Serrano

Subdirectora Científica

Claudia Córdoba García

Subdirector Técnico Operativo

Rolando Higueta Rodríguez

Subdirectora Educativa y Cultural

Paola Liliana Rodríguez Suárez

PÉREZ ARBELAEZIA

Número 15 - Agosto de 2004

Publicación Anual

PÉREZ - ARBELAEZIA

La revista *Pérez Arbelaezia* es la publicación científica anual del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, está dirigida a investigadores, estudiantes, científicos y a todas las personas interesadas en los temas que ésta aborda.

Publica artículos científicos originales e inéditos que desarrollan temas de botánica, biología de especies y ecología de ecosistemas altoandinos; a la vez, abre el espacio para la presentación de ensayos, reflexiones, revisiones y conferencias que aportan al conocimiento de dichas disciplinas, así como de otras áreas misionales de la entidad, tales como la arborización urbana, la agricultura urbana y la educación ambiental.

Comité Editorial

Martha Liliana Perdomo	Directora
Claudia Córdoba	Subdirectora Científica
Paola Rodríguez	Subdirectora Educativa y Cultural
Santiago Madriñán Restrepo	Profesor. Departamento de Ciencias Biológicas Universidad de los Andes
	Profesor. Departamento de Biología Universidad Nacional
Hernán Mauricio Romero	Profesor - Investigador.
Andrés Etter Rothlisberger	Departamento de Biología y Territorio Universidad Javeriana

Editores

César Escallón Estupiñán
Fernando Molina

PÉREZ ARBELAEZIA

Publicación anual

© 2004 - Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

ISSN 0120-7717

*La reproducción total o parcial de un artículo debe citar la fuente.
Corresponde a los autores la total responsabilidad de las ideas, tesis
y conceptos emitidos en sus respectivos artículos.*

Coordinación general

Paola Rodríguez Suárez - Subdirectora Educativa y Cultural

- Corrección: Fernando Molina
- Diseño y diagramación: Alexandro Becerra Rodríguez

Impresión

Universidad Nacional de Colombia - Unibiblos

Ilustración carátula

***Odontoglossum luteopurpureum.* Lindl**

FLORA DE LA REAL EXPEDICIÓN BOTÁNICA
DEL NUEVO REYNO DE GRANADA (1783 - 1816)

Tomo XI, Orquidáceas, Lámina XXIV

1989, Ediciones de Cultura Hispánica, Madrid.

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Av. (Cll) 63 No. 68-95 / Tel: 437 7060 / Fax: 630 5075

www.jbb.gov.co

CONTENIDO

Presentación	7
Ecosistemas Colombianos	9
Germán Márquez	
Diagnóstico ecosistémico en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR	43
Elizabeth Valenzuela	
Caracterización preliminar de la vegetación natural en los ecosistemas de alta montaña de colombia	75
César Barbosa y Sandra Cruz Argüello	
Selección multicriterio de áreas de conservación in situ para el Jardín Botánico José Celestino Mutis	89
Fernando Remolina A.	
Plántulas procedentes del banco de semillas germinable de un bosque subandino.	113
Angélica Cardona Cardozo y Orlando Vargas Ríos	

PRESENTACIÓN

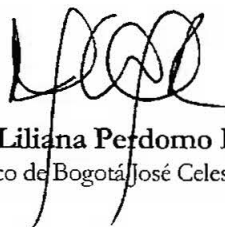
Me complace mucho dar continuidad al trabajo que ha venido desarrollando el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, con la publicación número 15 de la revista Pérez Arbelaezia, la cual entendemos como el proyecto editorial de mayor trascendencia institucional y un elemento relevante de la identidad del Jardín Botánico; por tanto, la comprensión que hemos alcanzado de su papel y las condiciones señaladas la colocan entre las prioridades de la actual administración.

La revista Pérez – Arbelaezia; fue creada con el propósito de dar a conocer los resultados de las investigaciones de la institución y de aquellas que realizan otras entidades del ámbito científico o académico en que se enmarca su temática, la cual se ha orientado a la flora de los ecosistemas andinos.

Dada la misión del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, como centro de investigación científica, la revista Pérez Arbelaezia, se constituye en un medio de divulgación de gran importancia, en la medida que nos brinda la oportunidad de dar a conocer y poner al servicio de los habitantes del Distrito, así como de todos los interesados en estos temas, en el ámbito nacional e internacional, los avances en el conocimiento sobre nuestros ecosistemas y sus especies, para su adecuado manejo, conservación y utilización.

Por tal motivo deseamos invitarle a darnos a conocer sus opiniones y, o a presentar sus artículos, producto de investigaciones científicas relacionadas con la temática de la revista, para que en caso de ser seleccionados, sean publicados en las en las próximas ediciones.

Espero que los estudios aquí presentados sean útiles para quien los consulte.
Cordial saludo,



Martha Liliana Perdomo Ramírez
Directora Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Diagnóstico ecosistémico en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR

Por:

Elizabeth Valenzuela

Resumen

El estudio presenta la cobertura natural de la vegetación cuyas áreas originales presentan un alto grado de transformación en cultivos, potreros, rastrojos, espacios urbanos y obras de infraestructura; su estado actual se expresa en un índice de hábitat del 28%, valor que está por debajo del nivel mundial. Se presentan las condiciones críticas de los bosques basales secos del valle del Magdalena, casi extintos en el país, de los cuales se conservan cerca de 3.000 has en la jurisdicción; la eco-región de los bosques submontanos, resulta extinta a la escala de análisis, pero se registran pequeños relictos en medio de una matriz de potreros; las eco-regiones de los bosques montanos y montano altos, en estado vulnerable, cuentan con relictos importantes conservados al interior de áreas protegidas. La eco-región menos intervenida, y por lo tanto más estable, corresponde a los páramos, en su mayor parte incorporada al sistema de áreas protegidas de la jurisdicción. Los ecosistemas acuáticos presentan alteraciones en calidad y volumen del recurso hídrico, especialmente en los ríos y humedales; las lagunas de montaña se encuentran en buen estado. Los embalses, no obstante su origen antrópico, se consideran ecosistemas estratégicos para la jurisdicción por los beneficios que de ellos se derivan. La vida de la población del territorio CAR, en niveles de calidad, y la productividad de los sistemas económicos, está soportada en una estructura ecológica regional conformada por todas las áreas que actualmente conservan su vegetación natural; estas áreas, sólo constituyen el 15% del territorio y, en consecuencia, en ellas se deben concentrar los esfuerzos de conservación, en términos de su gestión, no por que sean los últimos relictos de ciertos tipos de ecosistemas, sino porque son la base de los procesos y actividades humanas. Estas áreas, complementadas con otros ecosistemas estratégicos, y conectadas mediante corredores ecológicos, ante todo, a través de las rondas de los ríos, conforman los espacios de la propuesta final con la cual se elabora la zonificación ambiental.

Palabras clave:

Ecosistemas, estado de conservación, ecosistemas estratégicos, CAR, leyes de potencia.

Abstract

This study presents the natural vegetation cover, which original regions have undergone a high degree of transformation into areas of cultivation, farming, stubble, urban development and infrastructure; its current condition is expressed in an index of habitat of 28%, a value that is below the world standards. The study presents the critical condition of the dry basal forests in the Magdalena Valley, which are almost extinct in the country and have only 3,000 hectares left in conservation in the jurisdiction. The productive region of the sub-montano forest is extinct at the analysis scale, however there are small spots between groups of small farms; the productive regions of the montano and high montano forests are in a vulnerable state, but still have important reserve spots within the protected areas of the jurisdiction. The region with the least disturbance and, therefore, the most stable, belongs to the moor, which in its majority belongs to the jurisdiction. The aquatic ecosystems depict quality and volume alteration of the water resource, especially in the rivers and retention ponds, however, the mountain lagoons were found in good condition. Water reservoirs, despite of their man-made origin, are considered strategic ecosystems by the jurisdiction, because of the benefits that they produce. The life of the population of the CAR district, in terms of quality and the productivity of the economic systems, is supported by a regional ecological structure, which is formed by all the regions that, at the present time, conserve their natural vegetation. These areas constitute only 15% of the whole territory and, therefore, it is necessary to focus on their conservation, not because they are the last spots of certain types of ecosystems, but because they are the base of human processes and activities. These areas, combined with other strategic ecosystems and connected through ecological corridors, especially through green belts, form the spaces of the final proposal, around which the environmental zones will be established.

Key words:

Ecosystems, conservation conditions, strategic ecosystems, CAR, laws (rules) of power.

INTRODUCCIÓN

Las Corporaciones Autónomas Regionales en el territorio nacional de Colombia son entes de naturaleza pública que tienen la responsabilidad de administrar el espacio de la unidad geopolítica, biogeográfica o hidrográfica que la Ley les haya asignado, en términos de lo que significa la protección, manejo, uso racional y conservación de los recursos naturales renovables y la función específica de garantizar el desarrollo sostenible en el área jurisdiccional que les corresponda.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, en su territorio, abarca una extensión de 1'870.943 has, en la cual se encuentran 98 municipios del departamento de Cundinamarca, 6 del departamento de Boyacá y el área rural del Distrito Capital de Bogotá, que se encuentra ubicada en la zona central del país. El territorio está conformado por nueve cuencas hidrográficas que incluye los ríos Bogotá, Negro, Sumapaz, Magdalena, Ubaté – Suárez, Minero, Machetá, Blanco y Gachetá, en una superficie conformada por 18.658 Km². En el área de competencia de la CAR, la población alcanza a sumar cerca de 10'000.000 de habitantes, de los cuales 7'500.000 corresponden a la ciudad de Bogotá D. C.

Conocer el estado de conservación de los ecosistemas terrestre y acuáticos, para una institución como la CAR, significa poder definir y establecer prioridades en materia de su accionar. En este sentido el presente trabajo tiene como propósito realizar un análisis ecosistémico del área de jurisdicción de la CAR, conocer la situación actual de cobertura de la vegetación, su estado de conservación y los niveles de fragilidad, vulnerabilidad y conectividad en que se encuentran. Análisis similar, es también propósito del estudio, para el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos de la jurisdicción. Se pretende lograr el desarrollo de una propuesta de áreas y ecosistemas estratégicos, definidos por la oferta de bienes y servicios ambientales, dentro de los cuales se ha de considerar prioritario asegurar la preservación y oferta de agua y elementos dirigidos a la conservación o restauración, que puedan definirse en el marco de la normatividad y legislación ambiental vigente, en la cual se deberá fundamentar la propuesta de estructura ecológica regional de soporte.

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

A nivel ecosistémico el análisis para el área de jurisdicción CAR estuvo basado en el mapa de cobertura ecosistémica actual, elaborado, para este fin, a partir de dos escenas Landsat del año 1995, con resolución espectral de 7 bandas y resolución espacial de 30x30 m; estas escenas, una vez georeferenciadas, se sometieron al correspondiente análisis geoestadístico, con el cual se llegó a la clasificación supervisada. Se generó la leyenda con 30 categorías, que fueron reducidas luego a las 22 que se presentan en el mapa de cobertura ecosistémica actual, y a realizar la clasificación supervisada, con fotografías aéreas para determinar áreas por semillado, con un filtro de 5x5 que permitió generalizar los polígonos; se vectorizó la imagen y se realizó un control visual de la misma con el fin de llegar a la cobertura definitiva.

Los tipos de cobertura natural de vegetación se clasificaron mediante un sistema jerárquico, aplicado en Colombia, por Márquez (2003) y, en América Latina y el Caribe, por Dinnerstein et al. (1995). El esquema parte de los Tipos Principales de Ecosistemas, TPE, los cuales corresponden a unidades ecológicas definidas por el tipo de vegetación dominante; estos a su vez, se dividen en Tipos Principales de Hábitats, TPH, según variantes relacionadas con características del hábitat dadas por los pisos altitudinales; finalmente, se definieron eco-regiones, para el caso de la jurisdicción, como unidades geográficas que comparten la mayor parte de sus especies, así como también, la dinámica ecológica y las condiciones ambientales, y cuya presencia, a largo plazo, es determinada por las interacciones ecológicas del conjunto. Para el caso de las áreas transformadas se señaló el tipo de cobertura reemplazada. La realización del mapa con tal procedimiento ha permitido hipotetizar cuáles fueron los ecosistemas que cubrieron en el pasado el área de la jurisdicción, con lo cual se pudo elaborar el mapa de cobertura ecosistémica potencial y estimar el área cubierta por cada tipo de ecosistema a partir de un análisis SIG, con ajustes posteriores para incorporar los cuerpos de agua.

Con base en el mapa de cobertura ecosistémica actual se procedió al análisis del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción, a partir del cálculo de índices y la utilización de indicadores en dos unidades: cuencas hidrográficas y municipios. Tanto los índices como los indicadores aplicados han sido utilizados en estudios de escala global, regional y nacional, por otros investigadores. Se estimó un índice de estado de conservación instantáneo, de acuerdo a Dinnerstein et al. (ibid.), con el que se evalúan las condiciones actuales a partir

de los indicadores de pérdida total de hábitat, bloques de hábitat, fragmentación del hábitat y grado de protección. También se utilizaron los criterios definidos por los autores hasta ahora mencionados y los del Instituto Alexander von Humboldt (2003), adaptados a las características del presente estudio. El nivel de conectividad, de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR, se obtuvo del análisis de bloques y fragmentación, que incluye el número, área media y área máxima de los fragmentos remanentes, al igual que la longitud total y la densidad de borde; con los datos resultantes se definió la conectividad actual de los remanentes de ecosistemas naturales, ésta se ajustó, a su vez, mediante la evaluación de su posible conexión a través de la estructura ecológica regional de soporte, propuesta en este trabajo. A partir del análisis del estado de conservación se evaluó, así mismo, la vulnerabilidad de los ecosistemas en el área de jurisdicción de la CAR, con la incorporación de amenazas por crecimiento de la población para obtener el estado de conservación final. Con base en el criterio de expertos sobre la resiliencia de los diferentes ecosistemas, se estableció el nivel de fragilidad de las eco-regiones en áreas con vegetación en estado natural. La revisión de literatura y también el apoyo y opinión de expertos, fundamentaron la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas acuáticos presentes en el área de estudio.

A partir de los tipos de cobertura actual, clasificados por su nivel de transformación en alta, media y baja, se halló el índice de hábitat, según Hannah et al. (1994), para las subcuencas y municipios del área de estudio, las cuales en términos del proceso se consideraron como unidades de análisis. Tales unidades se priorizaron mediante leyes de potencia (Burgos y Moreno-Tovar, 1996; Quintero, 1998), con el fin de identificar aquellas que, por su peso o valor de importancia, pasan a contribuir, en mayor proporción, al índice de hábitat regional, con lo cual se organizaron las unidades en orden descendente, se estimaron las frecuencias acumuladas y se realizaron los análisis de regresión para obtener el modelo matemático que expresara el comportamiento de las variables analizadas.

De acuerdo al estado de conservación de las unidades de análisis estudiadas y a los bienes y servicios ambientales, definidos por Márquez (2003a). Se identificaron los principales tipos de áreas y ecosistemas estratégicos, cuya conservación/restauración y potencialidades de uso, a escala regional, podrían constituirse en garantía del mantenimiento de condiciones de vida adecuadas para la población de la jurisdicción. Por último, se diseñó la propuesta de estructura ecológica regional, como sistema natural de soporte de las actividades humanas, conformada por un conjunto de áreas y ecosistemas estratégicos conectados por corredores ecológicos, definidos, en parte, con base en la legislación y normatividad ambiental vigente.

2. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE LA JURISDICCIÓN CAR

El área de jurisdicción CAR conserva únicamente el 15,03% (véase tabla 1). de sus ecosistemas terrestres naturales, porcentaje representado en unas 281.423,55 has que corresponden a las eco-regiones de páramo, a bosques de la Cordillera Oriental y a cuerpos de agua, ubicados principalmente hacia el oriente de la jurisdicción.

Tabla 1. Porcentaje del hábitat perdido para los ecosistemas del área de jurisdicción CAR

Tipo Principal de Ecosistema, TPE.	Tipo Principal de Hábitat, TPH.	Eco-región	Área potencial (has)	Área actual (has)	Hábitat total perdido (%)
Bosques tropicales de hoja ancha	Bosque basal	Bosque basal seco del valle del Magdalena	462.447,24	2.794,19	99,40
	Bosque submontano	Bosque submontano de la Cordillera Oriental	413.453,86	0,00	100,00
	Bosque montano	Bosque montano de la Cordillera Oriental	689.487,66	95.386,96	86,30
	Bosque montano alto	Bosque montano alto de la Cordillera Oriental	166.416,61	43.411,64	74,17
Pastizales/sabanas/ matorrales	Páramos	Páramos de la Cordillera Oriental	133.548,55	133.548,55	0
<i>Ríos y otros sistemas de aguas corrientes</i>	Ríos de montaña y de las planicies basales		91.000	90.000	1,00
Lagos y otros sistemas de aguas lénticas	Lagunas de montaña		272,63	259,65	5,00
	Humedales (chucuas, ciénagas)		5.317,04	3.544,65	50,00
Total			1.870.943,60	281.55,53	84,97

* El área correspondiente a los ríos y otras corrientes, indicada en itálica, es una estimación gruesa, dado que a la escala de análisis no se diferencian.

Es importante señalar que una parte significativa del territorio CAR corresponde a ecosistemas acuáticos; de ellos, el 1% de los ríos ha perdido su caudal, el 5% de lagunas ha desaparecido y el 50% de los humedales ha reducido su superficie

original, en el transcurso del último siglo. Se considera de suma importancia la incorporación de estas áreas en los análisis ecosistémicos de un país como Colombia y, en especial, de una región como la jurisdicción CAR, en donde los cuerpos de agua han sido tan importantes, en número, en algunas zonas, y en superficie o volumen, en otras. Estos ecosistemas se analizarán más adelante con relación a sus atributos tanto cuantitativos (superficie cubierta) como cualitativos (calidad del recurso hídrico) para definir su estado de conservación.

Los resultados obtenidos difieren notablemente de otros estudios realizados para la jurisdicción CAR; según CAR-Ecoforest (2001), por ejemplo, el área de bosques primarios cubre tan sólo el 2,42% de la jurisdicción, valor que se incrementa a 32,86%, si se consideran las áreas cubiertas por bosques secundarios, pastos naturales y cultivos, además de la tendencia a ignorar los cuerpos de agua en los análisis ecosistémicos.

2.1. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ECO-REGIONES TERRESTRES DE LA JURISDICCIÓN CAR

La mayor extensión, dentro de las áreas poco intervenidas, corresponde a la eco-región de los páramos de la Cordillera Oriental, principalmente al sistema Sumapaz, que hace parte de un área protegida del nivel nacional. A la escala del análisis no se diferencian relictos en la eco-región de bosques submontanos de la Cordillera Oriental y, por tanto, aparecen como extintos; sin embargo, es posible que a escalas más detalladas se encuentren algunas áreas remanentes de importancia local. Con respecto a los bosques basales su superficie tan sólo alcanza al 1%, de cerca de un 25% que cubriría originalmente el territorio CAR.

Tabla 2. Estado de conservación de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR.

Eco-región	Pérdida total de hábitat (/40)	Bloques de hábitat (/20)	Fragmentación del hábitat (/20)	Grado de protección (/20)	Total (/100)	Estado de conservación instantáneo
Bosque basal seco del valle del Magdalena	40	15	20	20	95	Crítico

Eco-región	Pérdida total de hábitat (/40)	Bloques de hábitat (/20)	Fragmentación del hábitat (/20)	Grado de protección (/20)	Total (/100)	Estado de conservación instantáneo
Bosque submontano de la Cord. Oriental	40	20	20	20	100	Crítico - Extinto
Bosque montano de la Cord. Oriental	32	10	12	1	55	Vulnerable
Bosque montano alto de la Cord. Oriental	32	10	16	1	59	Vulnerable
Páramos de la Cord. Oriental	0	2	0	1	3	Relativamente intacto / estable

El bosque submontano, (1.000 - 2.000 m de altitud, con precipitaciones mayores a 1.000 mm anuales) de las cuencas de los ríos Negro y Minero, al igual que los bosques basales secos del valle del Magdalena, fueron rápida y fácilmente transformados por las poblaciones humanas, debido, en parte, a la baja densidad de su vegetación, su poca resistencia al fuego y la calidad de los suelos, apta para el desarrollo de cultivos como el café. No debe desconocerse que en su ocupación influyeron también factores económicos, políticos y culturales, que hicieron un poco más complejo el proceso de análisis. No obstante, este nivel de transformación no está correlacionado con la intensidad de uso, pues muchas de las áreas actualmente son potreros de baja productividad y se encuentran subutilizadas (Márquez, 2001).

La tabla 2., consigna los puntajes que resultaron para cada una de las eco-regiones terrestres, según los indicadores empleados, como lo han sido: pérdida total de hábitat, bloques de hábitat, fragmentación del hábitat y grado de protección en áreas de protección, con base en los cuales se establece el estado de conservación instantáneo de las eco-regiones analizadas. Los resultados se discuten en el análisis de la cobertura vegetal en términos de su conectividad, fragilidad y vulnerabilidad.

- COBERTURA VEGETAL SEGÚN SU CONECTIVIDAD

De acuerdo a su nivel de conectividad (véase tabla 3.), las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR se clasifican en tres categorías: alta en los páramos, media en los bosques montano altos y baja en los bosques montanos y basales secos del

valle del Magdalena. Sin embargo, al interior de cada una de estas eco-regiones, se diferencian áreas de mayor/menor conectividad con relación a la estructura ecológica regional.

Tabla 3. Nivel de conectividad de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR

Eco-región	Fragmentos o Bloques			Longitud de borde	Densidad de borde	Conectividad
	Número	Área media (has)	Área máxima (has)			
Bosque basal seco del valle del Magdalena	51	54,79	594,05	210.262,29	75,25	Baja
Bosques submontanos de la Cord. Oriental	-	-	-	-	-	Nula
Bosque montano de la Cord. Oriental	531	179,64	11.276,37	3.641.615,20	38,18	Baja
Bosque montano alto de la Cord. Oriental	271	160,19	4.179,33	1.941.074,52	44,71	Media
Páramos de la Cord. Oriental	151	884,43	95.778,67	1.970.905,28	14,76	Alta

De las cinco eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR, únicamente la eco-región de los páramos está en una situación favorable; posee un número relativamente grande de bloques de hábitat de un tamaño suficiente como para permitir el mantenimiento de los procesos ecológicos. Los páramos existentes en el territorio CAR se destacan por estar relativamente contiguos, es decir, poseen una alta conectividad y baja fragmentación.

La más alta conectividad dentro de los páramos actuales la posee el sistema de Sumapaz, con una extensión de cerca de 96.000 has, seguido por el sistema Chingaza - Páramo del Tablón y por el sistema Guerrero; con baja conectividad se encuentran los páramos de Rabanal, Frailejonal - Cuchilla El Choque y Cruz Verde. Estos últimos páramos poseen una menor extensión, si se comparan con las de los primeros, y están sometidos a fuertes presiones derivadas de las prácticas agropecuarias, de

la expansión de la frontera agrícola, del pastoreo y la tala para leña de los bosques montano altos que los rodean, actividades que, de manera individual o en conjunto, amenazan la permanencia y estabilidad del sistema (CAR, 2002).

En la estructura ecológica, la eco-región de los páramos es un elemento de conservación, su conectividad será alta a su interior, en la medida que los límites topográficos de la jurisdicción lo permiten. En este sentido, la conectividad del Sistema Guerrero podrá aumentarse, pero no será así para los páramos aislados de baja extensión, como Rabanal y Cuchilla El Choque, en los cuales se requiere de una labor concertada con las autoridades ambientales y entidades administrativas de las regiones adyacentes para ejercer acciones efectivas de conservación asegurando la funcionalidad de los páramos como unidades ecológicas.

La eco-región de los bosques montano altos se encuentra en un estado moderado a alto de fragmentación y su conectividad es media. Aunque su área es equivalente a la de los páramos, se encuentran mucho más fragmentada que estos, no sólo por las condiciones geográficas del territorio, sino porque ha sido fuertemente transformada. Los bosques que se conservan poseen un alto efecto de borde, ninguno de los fragmentos remanentes alcanza una extensión de 5.000 has, los relictos más grandes y mejor conectados se ubican en la cuenca del río Sumapaz, aunque es importante anotar que los bosques de sus rondas están muy transformados.

La conectividad de estos bosques podrá mejorar significativamente con la conservación de la estructura ecológica de la jurisdicción, especialmente, en aquellos relictos que, hacia su límite inferior, están resguardados por bosques montanos y poseen, además, páramos conservados hacia su límite superior; tal es el caso, de los bosques montano altos del sistema Sumapaz, especialmente al sur del río, y de los sistemas de Cruz Verde y el Tablón. La mayor parte de los relictos, sin embargo, se encuentran protegidos en uno de los flancos de los cerros por bosque montanos y rodeados de potreros y rastrojos hacia el otro.

La eco-región de los bosques montanos posee un número elevado de bloques de hábitat, el 80% de los cuales no alcanza a las 100 has. y sólo 2 poseen un área superior a 10.000 has. Una superficie considerable de esta eco-región se encuentra transformada en potreros, rastrojos y cultivos; estos últimos, especialmente en la cuenca del río Blanco, cuenca media del Bogotá y valle del Suárez. Los cultivos se

realizan en forma que rodean los bloques remantes y con ello impiden la movilidad de las especies animales de un fragmento a otro; de esta manera la conectividad resulta baja entre estos bosques.

Las áreas de mayor conectividad, dentro de la eco-región de los bosques montañosos, hacen parte de la cuenca del Sumapaz, principalmente en las subcuencas del Panches, Cuja, Negro y Medio Sumapaz. De otra parte, las cuencas del Blanco, Gachetá, Machetá y Minero presentan una baja conectividad en sus remanentes de bosque montano, en donde la mayoría de los bloques de hábitat relictuales tiene menos de 100 has. La cuenca del Suárez, a la que pertenecen las subcuenca río Suta y alrededores de la laguna de Cucunubá, principalmente, y la cuenca del río Negro, con las subcuencas Tobia, Pinzaima y Alto Negro, poseen una conectividad media que puede ser incrementada con la conservación de las rondas de los ríos, como principal corredor ecológico de la estructura ecológica regional. En la cuenca del río Bogotá, hacia la parte alta, la conectividad es baja, mientras que en la parte media, la conectividad es mayor. Existen remanentes de extensión considerable, especialmente en la subcuenca del río Balsillas.

La eco-región del bosque basal seco del valle del Magdalena presenta una baja conectividad, ella se encuentra altamente fragmentada en remanentes relativamente pequeños, con una superficie promedio de 55 has; sus formas son elipsoideas, no circulares y poseen un fuerte efecto de borde; el bloque remanente de mayor extensión no alcanza a las 600 has. La mayor conectividad dentro de esta eco-región se presenta en las subcuencas de los ríos Negrito, de la cuenca del Magdalena, y Macopay, de la cuenca del río Negro; la conectividad podrá favorecerse con la conservación de las rondas de estos ríos, pues los fragmentos relictuales están ubicados a lo largo de los mismos. En las subcuencas de los ríos Terán y el Magdalena, en el sector de Puerto Salgar, la conectividad es media; en las cuatro subcuencas restantes, donde se encuentran relictos de bosque basal, la conectividad es baja.

Por último, la eco-región de los bosques submontanos tiene una conectividad nula, dado que no existen fragmentos detectables a la escala de análisis; sin embargo, no se descarta la existencia de pequeños remanentes que tendrían un nivel de fragmentación alto.

- COBERTURA VEGETAL SEGÚN SU FRAGILIDAD

En el lenguaje corriente el término fragilidad hace referencia a algo que puede deteriorarse o quebrarse con facilidad. Para los efectos del presente estudio, a nivel ecosistémico, se ha relacionado este término con la resiliencia de los ecosistemas, esto es, con su resistencia a las perturbaciones y con su velocidad de recuperación. Para algunos autores, la resiliencia es la cantidad de disturbios que un ecosistema puede resistir sin cambiar los procesos y estructuras de auto-organización; para otros es el tiempo de retorno al estado estable después de una perturbación. Estas concepciones reconocen la existencia de múltiples estados estables, por lo que la resiliencia, desde un punto de vista dinámico, se define como la propiedad que media la transición entre estos estados y confiere estabilidad a los ecosistemas, gracias a la capacidad de amortiguación a las perturbaciones (Gunderson, 2000; Turner et al., 2003).

Existen dos hipótesis respecto a la relación entre la biodiversidad y la resiliencia. Según la hipótesis de la diversidad-estabilidad, la biodiversidad puede promover la resistencia frente a los disturbios al aprovechar los distintos rasgos que poseen las especies y la probabilidad de que en ecosistemas con alta diversidad existan elementos (funcionales no necesariamente especies taxonómicas) que pueden crecer durante la perturbación, con lo cual compensarían las pérdidas que se generan en la misma. La hipótesis de la redundancia de especies afirma que algunas especies son tan similares que el funcionamiento del ecosistema es independiente de la diversidad si los grupos principales están presentes; las demás especies constituyen “ruido” o redundancia de información que no es indispensable (Tilman y Downing, 1994). La diversidad biológica no sólo contribuye a la resiliencia de un ecosistema, sino que es resultado de la misma, en el sentido que la estabilidad permite el mantenimiento de diferentes formas de vida en sus distintos niveles de organización; en consecuencia, ecosistemas alterados poseerán una menor diversidad y menor capacidad de resistir perturbaciones.

En la tabla 4. se establece el nivel de fragilidad de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR teniendo en cuenta la relación diversidad / complejidad y el tiempo de reposición después de una perturbación. El procedimiento utiliza el criterio de expertos y la información obtenida en la revisión de literatura especializada.

Tabla 4. Nivel de fragilidad de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR

Eco-región	Fragilidad
Bosque basal seco del valle del Magdalena	Baja
Bosques submontanos de la Cord. Oriental	Media
Bosque montano de la Cord. Oriental	Alta
Bosque montano alto de la Cord. Oriental	Alta
Páramos de la Cord. Oriental	Baja

La resiliencia tiene dos manifestaciones en los ecosistemas: en primer lugar, se identifican los que resisten grandes perturbaciones y se mantienen estables, sin embargo, una vez que han sido impactados con gran intensidad, difícilmente se recuperan; tal es el caso de los bosques montano altos que poseen un grado de fragilidad alto. En segundo lugar, se reconocen los que se afectan en gran medida por los disturbios que les impactan, no obstante se recuperan fácilmente una vez su efecto directo cesa; es el caso de los páramos, que sufren periódicamente quemaz, pero en corto tiempo su cobertura vegetal se recupera, por lo que su grado de fragilidad se califica como bajo.

- COBERTURA VEGETAL SEGÚN SU VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es el grado de sensibilidad de un sistema para experimentar un daño debido a una amenaza, bien sea ésta una perturbación o algún tipo de estrés; es resultado tanto de la sensibilidad del sistema como del nivel de amenaza (Turner et al., op. cit.). A nivel ecosistémico, se interpreta como la susceptibilidad de un tipo de ecosistema de ser modificado o perturbado, como resultado de su estado de conservación instantáneo y de las amenazas, expresadas en la tasa de crecimiento de población, que determinan un estado de conservación final (Dinnerstein et al., op. cit.).

Para los niveles de vulnerabilidad de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR, ver la tabla 5. La eco-región de los bosques basales secos del valle del Magdalena es altamente vulnerable y se encuentra en estado crítico: la mayor parte del hábitat original se ha perdido, sólo permanecen pequeños y aislados fragmentos con baja conectividad, los cuales carecen de las garantías que pueden ofrecer las áreas bajo régimen de protección. La probabilidad de persistencia de estos bosques es baja y está condicionada a la pronta implementación de medidas de conservación y restauración; bajo tales consideraciones se propone conectar los fragmentos

remanentes a través de la red hídrica (rondas de ríos), a efecto de desbloquear la interrupción de la cobertura de cultivos y el entorno de alta productividad agropecuaria. Es posible que muchas especies hayan desaparecido a nivel local y que algunas se encuentren en riesgo o bajo amenazas de desaparecer, al no encontrar, en los relictos actuales, los requerimientos mínimos de área que se necesitan para garantizar su supervivencia.

Las zonas donde se encuentran relictos de bosque basal seco poseen tasas de crecimiento poblacional negativas y cabe la posibilidad de que sean incrementadas en el mediano plazo por efecto de la construcción de la carretera a Puerto Salgar y el puerto multimodal en el mismo municipio.

Tabla 5. Nivel de vulnerabilidad de las eco-regiones terrestres de la jurisdicción CAR

Eco-región	Vulnerabilidad
Bosque basal seco del valle del Magdalena	Alta
Bosques submontanos de la Cord. Oriental	Alta
Bosque montano de la Cord. Oriental	Media
Bosque montano alto de la Cord. Oriental	Media
Páramos de la Cord. Oriental	Baja

A su vez, la eco-región de los bosques submontanos se encuentra extinta en la jurisdicción CAR, de ella no se detectan a escala regional fragmentos representativos del TPH original; es posible que algunas poblaciones biológicas que los conformaban se encuentren aún, pero dentro de ambientes muy modificados, como en los cultivos de café de sombrero, hoy reemplazados en su mayoría por la variedad Caturra o Colombia. La restauración de este tipo de ecosistema/hábitat requiere un gran esfuerzo, pues se asume que gran parte de su diversidad biológica, en especial a nivel genético, se ha perdido, así como su capacidad de amortiguar perturbaciones.

La mayor parte de los municipios donde se encuentran entremezclados pequeños relictos de bosque submontano con potreros, muestran, para el período 1985-1993, tasas de crecimiento de población negativas, de tal manera que su recuperación puede ser relativamente fácil; situación diferente presenta la región sur de la cuenca del río Negro, en los municipios de Villeta, Nocaima y Vergara, donde la población creció de manera acelerada para este período. Si se consideran algunos

proyectos de desarrollo regional, es posible que las amenazas por crecimiento de la población sean mayores en los mismos municipios con tasas altas e incluso en Útica, Quebrada Negra y Caparrapí.

Se considera, en consecuencia, que la vulnerabilidad de los bosques submontanos es muy alta, con algunas posibilidades de restauración, debido a la baja presión de población, particularmente al norte de la cuenca del Río Negro y en algunas áreas de las cuencas de los ríos Mínero, Bogotá y Sumapaz, a cuyo efecto deben tenerse en cuenta las recomendaciones de uso derivadas del análisis de suelos en este mismo trabajo.

Las eco-regiones de los bosques montanos y montano altos resultan con un grado de vulnerabilidad media, pues, aunque han sido notablemente transformadas, aún persisten bloques de hábitat, en número y extensión tal que, si son bien manejados, podrán conservarse a largo plazo (15-20 años); la conservación de estos bosques se favorece, además, con el hecho de encontrarse al interior de áreas protegidas. Las áreas donde aún se encuentran relictos de estos bosques poseen tasas de crecimiento normales a negativas, situación general para la jurisdicción CAR, excepto en el área más cercana al río Bogotá donde las tasas son altas y la amenaza hacia los relictos tiende a ser mayor.

Por último, los páramos presentan baja vulnerabilidad, puesto que existen remanentes de gran extensión y con una alta conectividad en su interior. Se considera que el área ocupada por este tipo de ecosistema se ha mantenido constante, incluso se ha observado que en algunas zonas de bosque montano alto, de alta fragilidad, se presenta el fenómeno de paramización, esto es, avance del límite inferior de la frontera del páramo hacia las áreas que por alguna circunstancia pierden cobertura de este bosque montano alto. Las comunidades biológicas que habitan los páramos conservan gran parte de sus elementos originales, tanto en estructura como en función, aunque se haya alterado la composición a nivel de especies; los procesos ecológicos se desarrollan dentro de los rangos naturales y, en consecuencia, la oferta de bienes y servicios ambientales se considera adecuada y sostenible en el largo plazo. De acuerdo a las tendencias de crecimiento de la población, se concluye que los sistemas de páramos de Rabanal, Guerrero y Sumapaz tienen una vulnerabilidad superior a la de los demás páramos por estar en la zona de influencia de Ráquira, Zipaquirá, Soacha y San Bernardo.

2.2. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA JURISDICCIÓN CAR

Una primera aproximación al territorio CAR permite destacar la gran cantidad de cuerpos de agua que existen, tanto en sistemas de aguas lénticas (lagunas de montaña) como en sistemas de aguas lólicas (ríos, arroyos, quebradas); entre tales sistemas se encuentran los humedales, reconocidos como cuerpos de agua estancada que se caracterizan por tener un flujo muy lento y/o reversible, y los embalses, que aunque son sistemas de origen antrópico, poseen gran importancia regional, por lo cual se incluyen en este análisis.

- RÍOS Y OTROS SISTEMAS DE AGUAS CORRIENTES

Los ríos, quebradas y arroyos se distribuyen en una superficie cercana al 5% del área total de la jurisdicción CAR, la cual, a la escala en que se practica el análisis, es casi imperceptible.

Los ríos y demás corrientes de agua presentan dos tipos de alteraciones: en la calidad y en los volúmenes. Con relación a la primera, es de especial interés la función de sumidero de los ríos, pues estos reciben aguas residuales de origen doméstico, industrial y agropecuario. Los vertimientos que reciben aportan materia orgánica, partículas, microorganismos patógenos, metales pesados y compuestos químicos de índole diferente, con efectos que pasan de la simple alteración que evidencia el impacto, sin que signifique amenaza para la biota, hasta niveles críticos de contaminación del cuerpo de agua que surte efectos negativos y de gran impacto sobre la calidad de la vida humana. No obstante, los ríos de la jurisdicción tienen una alta capacidad de autodepuración, especialmente los que poseen mayor caudal y longitud; así, por ejemplo, el río Bogotá que posee una demanda química de oxígeno, DQO, de 100 mg/L en su cuenca alta, cuando sus aguas llegan a la desembocadura el valor de la variable presenta valores reducidos a menos de la mitad (García et al., 2001).

En general, los ríos y otras corrientes se encuentran más expuestos a la contaminación en las zonas con mayor densidad poblacional, así ocurre en las cuencas de los ríos Bogotá, Suárez y Magdalena, de la jurisdicción CAR. El mayor deterioro de la calidad del agua se presenta hacia la parte media de las cuencas (1.000 - 2.600 m de altitud), mientras que en las partes altas, donde la incidencia antrópica es menor, el deterioro, en consecuencia, se muestra mínimo; en las partes bajas la calidad del

agua, aunque tiene la tendencia natural a recuperarse por el mayor recorrido, el volumen de contaminantes que recibe, a lo largo del mismo, es de tal magnitud que puede mantener y, aún incrementar sus niveles de contaminación en la sección final del río, siendo, por tanto, superada la capacidad de autodepuración del mismo.

Respecto a los volúmenes de agua en las corrientes se reconoce que, en especial, arroyos y quebradas se han secado, han perdido gran parte de su caudal o han pasado a ser temporales; esto se atribuye a la pérdida de la vegetación natural, a cambios en el uso del suelo, erosión, sedimentación y alteración del ciclo hidrológico. En este sentido, se estima que se han perdido alrededor del 1% de los ríos y demás corrientes de agua en la jurisdicción CAR.

- LAGUNAS DE MONTAÑA

Las lagunas que se encuentran en la jurisdicción CAR han sido localizadas por encima de los 3.000 m de altitud. Se reconocieron en este estudio 45 lagunas de montaña, que cubren una superficie de 260 has con un área promedio de 5 has, de las cuales sólo dos se encuentran asociadas a los bosques montano y montano alto (laguna en municipio de La Calera y laguna de Guatavita); las demás se ubican en áreas de páramos, donde se encuentra la laguna de mayor tamaño que posee 34 has. Estos ecosistemas acuáticos desempeñan un papel importante en la retención de sedimentos, regulación del nivel freático, del caudal de los ríos y de otros sistemas menores de aguas corrientes (CAR, op. cit.).

Las lagunas se encuentran en general en buen estado de conservación, algunas incluso están dentro de áreas protegidas. Las amenazas más fuertes que existen se originan en el desarrollo de actividades agropecuarias sobre las tierras aledañas a estos cuerpos de agua, en donde, como resultado del lavado de los suelos por la lluvia, se incorporan sustancias químicas o materia orgánica, en mayor proporción a lo que regularmente deben recibir.

- HUMEDALES: CIÉNAGAS Y CHUCUAS

Los humedales del territorio CAR se asocian a dos sistemas: el primero de ellos a las cuencas de los ríos Bogotá y Suárez, en el altiplano cundiboyacense, y el segundo, a terrenos que reciben influencia directa del río Magdalena. Los que se localizan en el altiplano cundiboyacense corresponden a remanentes del antiguo lago que

se encontraba en la sabana de Bogotá y en los valles de Ubaté y Chiquinquirá; actualmente son humedales permanentes, a los que se conoce como “chucuas”, y se presentan como zonas pantanosas y de aguas abiertas en la planicies y en los valles erosivos (van der Hammen, 2003). Los que se localizan al interior de las orillas del río Magdalena corresponden a ciénagas o planicies de desborde de éste río y suelen tener conexión, permanente o temporal, con el mismo.

La “laguna” La Herrera, altamente deteriorada, y la de Fúquene son los humedales más extensos y en consecuencia de mayor importancia en la jurisdicción. La primera de ellas, desde la segunda mitad del siglo XX, pasó de ser un cuerpo de agua abierto y saludable, rodeado de pantanos naturales a un cuerpo de agua cubierto de plantas invasoras y flotantes, que señalan cambios en sus condiciones hídricas e indican la presencia de procesos de eutrofización y de sedimentación y erosión en sus orillas; tal estado de condiciones han sido atribuidas a la instalación y construcción de obras hidráulicas, como el paso del río Bojacá (canal que lleva el agua desde el río Checua). Por su parte, la laguna de Fúquene presenta también un fuerte deterioro derivado de las prácticas agropecuarias que se desarrollan en sus áreas aledañas y de la desecación de sus orillas, para extender la superficie de potreros y cultivos; el impacto resulta de tal magnitud que el área actual de la laguna se ha estimado en sólo el 5% de la superficie original de su espejo de agua. La problemática de la laguna resulta más compleja, si se tiene en cuenta el arrastre de los excrementos del ganado hasta sus orillas y el vertimiento de aguas negras, desechos de las industrias lácteas y de los químicos que se aplican a los cultivos de papa.

En otros espejos de agua como en la laguna de Suesca, se ha reducido su superficie de 547 a 160 has. La pérdida de dicha superficie ha tenido lugar en los últimos 50 años por desecación inducida, aunque es posible que también influyan en el proceso eventos naturales de infiltración de las aguas. Una situación similar se presenta con la laguna de Cucunubá que ha perdido más del 50% de su extensión original (Andrade, 2003). Otros de los factores que han contribuido a la degradación y pérdida de hábitat de los humedales es la expansión urbana.

En general, los humedales del territorio CAR se encuentran fragmentados, el hábitat original se ha perdido en gran medida como consecuencia de su transformación en potreros para ganadería, cultivos y áreas urbanas; esta situación ha contribuido a acelerar y a introducir nuevos materiales en el proceso natural de colmatación lo

cual puede llevar a su desaparición y a direccionar la sucesión hacia otro tipo de ecosistema. Los humedales se consideran un ecosistema de alta vulnerabilidad y su fuerte sensibilidad a las perturbaciones se traduce en un alto grado de fragilidad. Como consecuencia de lo expuesto, los bienes y servicios que antes se podían aprovechar o disfrutar de estos ecosistemas, hoy están gravemente afectados. Aspectos como la disminución de la riqueza de especies (Chaparro, 2003), pérdida de microhábitats para la artropofauna, degradación y simplificación estructural -homogenización del paisaje - (Amat-García y Blanco-Vargas, 2003; Calvachi, 2003), amenaza de la supervivencia de algunas poblaciones de mamíferos y aves, alteración del régimen hidrológico, mayor frecuencia e intensidad de inundaciones, pérdida de pesca y caza (patos) y proliferación de plagas, entre otros (Andrade, op. cit.; Márquez, 2003b) constituyen testimonio del grado de afectación e impactos a que se han visto sometidos los humedales.

Las ciénagas, por último, desempeñan un papel fundamental en la dinámica de los ríos y las planicies inundables, en ellas ocurre la mayor parte de la productividad primaria de los ecosistemas. Aunque en la jurisdicción se encuentran pocas ciénagas, a medida que el río Magdalena descende a los pisos basales se incrementa su número e importancia. Las amenazas para su conservación se derivan de la presión de las actividades agropecuarias, aunque se asume que su productividad es mayor que la de estos ecosistemas de reemplazo.

- EMBALSES

En la jurisdicción CAR se encuentran embalses de tierra fría de tamaño medio a pequeño, todos ellos ubicados en la cuenca del río Bogotá, que se diferencian de otros ecosistemas acuáticos, no sólo por ser producto de la acción humana, sino porque la velocidad con que fluye el agua y la tasa de renovación es intermedia entre los ríos y los lagos (Márquez, 2003; Márquez y Guillot, 2001). Aunque la construcción de los embalses implica la pérdida de los ecosistemas originales, es decir, aquellos que se pierden en la inundación, se da lugar a un nuevo ecosistema, fundamental para la sociedad. Los embalses de la CAR tienen como finalidad la producción de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, regulación de caudales, riego y recreación.

Tabla 6 Características de los embalses del área de jurisdicción CAR Sisga

Embalse	Altitud (m)	Área (has)	Volumen (Mm ³)	Caudal (m ³ /s)	Estado trófico	Estratificación (mezcla)	Estado de conservación
Tominé	2.600	3.778	704,7	4,16	Mesotrófico a moderadamente eutrófico	Polimítico, holomítico	Bueno aunque con problemas de sedimentación.
Muña	2.680	730	42,4	0,34	Hipertrófico	Polimítico	Grave deterioro. Impacto negativo sobre la salud pública; problemas de colmatación y sedimentación de su cauce
Sisga	2.780	680	101,0	2,71	Mesotrófico	Polimítico	Bueno
San Rafael		370	75		Mesotrófico	Polimítico	Bueno
Neusa	3.000	955	102,7	1,97	Mesotrófico	Oligomítico, holomítico	Bueno. Se ha reportado mortalidad de peces por eutroficación
La Regadera	3.000	41	4,8			Oligomítico	Bueno
Chisacá	3.900	40	5,1			Polimítico	Bueno

Fuente: Calvachi, 2003; Márquez y Guillot, 2001; G. Márquez, registros pers. 2004.

Los embalses de Tominé, Sisga y Neusa (o Embalse Agregado del Norte) hacen parte del sistema del río Bogotá para el abastecimiento de agua a la ciudad Capital y no constituyen un sistema de captación de agua para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB, pues estos se descargan directamente al río Bogotá. Los embalses de la Regadera y Chisacá, cuya construcción se inició en 1993, regulan un caudal de 1,0 m³/s, del sistema Tunjuelo Alto, el cual es empleado en las plantas de tratamiento de Vitelma y La Laguna; el primero es también un sistema de captación. El embalse de San Rafael, que comenzó a funcionar en 1997, es también un embalse de captación, que conduce aguas a la planta de tratamiento Wiesner.

Además de los embalses descritos en la tabla 6 se encuentra El Hato, en jurisdicción del municipio de Carmen de Carupa, y la represa Los Colorados, en Puerto Salgar.

3. ÍNDICE DE HÁBITAT DE LA JURISDICCIÓN CAR

El índice de hábitat para la jurisdicción CAR es del 28,60%, lo que indica la dominancia de una cobertura muy transformada, constituida por cultivos, potreros y rastrojos, principalmente. Aunque ésta es la situación general de la jurisdicción, existen áreas (unidades de análisis como cuencas, subcuencas y municipios) que presentan una condición menos intervenida, así como otras que se encuentran más transformadas y por tanto, en un estado crítico (tabla 7.).

Estos hallazgos sitúan a la jurisdicción CAR en una situación desfavorable, respecto a la condición mundial, estimada en un índice de hábitat del 58,0% que desciende a 36,2%, si se consideran únicamente las áreas habitables, esto es, excluyendo del análisis la superficie terrestre cubierta por hielo, roca y tierras áridas; e incluso está por debajo del estado a nivel biogeográfico de la provincia "Colombian montane" que posee un índice del 67,5%.

Tabla 7. Índice de hábitat de los municipios, cuencas y subcuencas de la jurisdicción CAR

Índice de Hábitat	Municipios	Cuencas	Subcuencas
Bajo (crítico)	75	5	54
Medio (vulnerable)	25	2	17
Alto (estable)	5	2	12
Total	105	9	83

Nota: En los municipios se excluye el Distrito Capital aunque en las cuencas se tiene en cuenta su área rural

En el análisis por unidades político-administrativas, se encuentra que 77 municipios poseen un nivel bajo de IH, lo que se considera crítico en términos de garantizar una adecuada oferta de bienes y servicios ambientales para el mantenimiento de los procesos y actividades humanas; estos municipios corresponden básicamente a los pisos térmicos basal, medio y frío. En una situación vulnerable se hallan 24 municipios, la mayoría de los cuales están en los límites de la sabana de Bogotá. Sólo 5 municipios se encuentran estables, según su índice de hábitat, que se ubican hacia el páramo de Sumapaz (Cabrera, Pasca, San Bernardo, Venecia) y Zipacón.

Con relación a las cuencas hidrográficas, las de los ríos Bogotá, Machetá, Magdalena, Negro y Suárez se encuentran en estado crítico; en condición estable las cuencas del Blanco y Gachetá y en una situación vulnerable las cuencas de Sumapaz y Minero. No obstante, al realizar un análisis más detallado por subcuencas se encuentran 54 en estado crítico, 17 vulnerables y 12 estables.

Sólo 5 subcuencas poseen un índice de hábitat mayor al 80%, éstas cubren 40.627 has en páramos, bosques montano altos y montanos, principalmente; las cuencas en estado más crítico son 6, cubren 126.000 has, poseen un índice de hábitat menor al 10% y los relictos de vegetación natural corresponden únicamente a bosque basal seco (tabla 8). Sobresale la subcuenca del río Negro, en la cuenca del río Bogotá; ella se encuentra en su totalidad altamente transformada, aunque representa menos del 1% de la cuenca, su superficie es equivalente a la de la subcuenca del río Soacha, la cual posee un índice de hábitat del 15%.

Tabla 8. Porcentaje de áreas según su nivel de transformación en las subcuencas con los mayores y menores índices de hábitat

Cuenca	Subcuenca	AT	MT	N	Índice de Hábitat
Río Gachetá	Río Lagunero	3,73	0	96,27	96
Río Sumapaz	Río Pilar	7,55	5,67	86,78	88
Río Blanco	Río Gallo	4,58	10,68	84,75	87
	Río Chochal	11,37	4,23	84,40	85
Río Negro	Río Cambras	72,73	27,27	0	7
	Río Bajo Negro	83,28	15,26	1,46	5
Río Magdalena	Río Negrito	95,82	0	4,18	4
	R. Magdalena (sector Pto. Salgar)	96,70	0	3,30	3
Río Bogotá	Río Bajo Bogotá	87,18	12,82	0	3
	Río Negro	100	0	0	0

Nota: AT = altamente transformado, MT = moderadamente transformado, N = natural.

Estos análisis tienen dos miradas prácticas en materia de gestión ambiental: una hacia las áreas en buen estado de conservación y otra hacia las áreas muy transformadas. En primer lugar, teniendo en cuenta que las áreas que se encuentran en condición estable son la minoría, dentro de cada una de las unidades analizadas, se sugiere

que su conservación sea prioritaria en la jurisdicción CAR y en aquellas áreas que se encuentran bajo alguna categoría de protección (e.g. páramo de Sumapaz) los esfuerzos deben enfocarse para que la protección sea una realidad efectiva.

En segundo lugar, con relación a las áreas muy transformadas, se considera eminente la necesidad de restituir una cobertura de vegetación que garantice la funcionalidad de los ecosistemas y con ello el flujo de bienes y servicios ambientales hacia la sociedad; el elevado nivel de transformación de estas áreas impide una oferta adecuada y permanente, que de hecho ya se manifiesta en situaciones de riesgo como deslizamientos, inundaciones y fenómenos de erosión. No obstante, debe tenerse presente que algunas de estas áreas poseen una alta productividad y, en consecuencia, no es viable diseñar grandes zonas a proteger, sino más bien diseñar e implementar unos corredores ecológicos asociados a las rondas de los ríos, como se expondrá más adelante en la propuesta de estructura ecológica regional.

Finalmente, con relación a las áreas vulnerables, es preciso adelantar acciones de conservación y restauración, especialmente en la región de Yacopí y la cuenca del río Negro que posee una gran importancia desde el punto de vista biogeográfico. Así mismo, dentro de las áreas con un índice de hábitat medio, es importante conservar las subcuencas de los embalses Sisga y Muña, los cuales son ecosistemas estratégicos para la productividad en la jurisdicción.

- PRIORIZACIÓN MEDIANTE LEYES DE POTENCIA

Con relación a los municipios, se encuentra que 37 de ellos, de un total de 105, contribuyen en un 70% al índice de hábitat de la jurisdicción en una extensión de 931.934 has, lo que equivale a cerca del 50% del territorio CAR; las áreas naturales sólo cubren 148.989 has. En orden de importancia, los municipios que mayor peso tienen son Cabrera, Yacopí, San Bernardo, Pasca, Pacho, Carmen de Carupa, La Calera, Guatavita, Caparrapí y Machetá; en ellos se encuentran representadas todas las eco-regiones terrestres de la jurisdicción, incluso pequeños relictos de bosque submontano, que se encuentran entremezclados con potreros en Yacopí, Caparrapí y Pacho. La conservación de los relictos de vegetación natural en estos municipios tiene un carácter estratégico, desde la perspectiva regional, pues contribuye a asegurar de forma significativa la oferta de bienes y servicios, como se expone más adelante. Dos de estos municipios, Cabrera y San Bernardo, resultan

humanos, en especial la satisfacción de las necesidades básicas y la productividad; así mismo, se consideran estratégicas para el mantenimiento de los equilibrios ecológicos (regulación climática e hídrica y conservación de la diversidad biológica), función que es complementada por las áreas protegidas declaradas, las lagunas de montaña y humedales (ciénagas y chucuas) y las áreas y ecosistemas ubicados a más de 3.000 m de altitud que corresponden a bosques montano altos y páramos.

Dentro de esta misma función, aunque se discrimina como un servicio diferente debido a su importancia en el ordenamiento territorial, están las áreas y ecosistemas para la conservación y regulación de agua que comprenden los nacimientos de agua, bosques de niebla y las áreas de infiltración y recarga de acuíferos. La conservación de estas áreas y ecosistemas se traduce en una oferta de agua en calidad y cantidad adecuadas y oportunas.

Por otra parte, se identifican tres tipos de áreas y ecosistemas para la prevención de riesgos: remoción en masa, deslizamientos y erosión en fuertes pendientes cuya conservación es vital para evitar y amortiguar desastres o riesgos ambientales; las dos primeras son resultado de otro trabajo y la segunda está establecida por la legislación (D. 1449/77).

Con función de productividad, se identifican dos áreas y ecosistemas estratégicos. Por un lado, los suelos de alta productividad que son usados de manera sostenible (ver tema de suelos en este trabajo), ubicados de manera general en la sabana de Bogotá, valles de Ubaté y Chiquinquirá, valle del Magdalena, al norte de la jurisdicción, y algunas áreas de las cuencas del río Negro y Machetá. Por otro, pertenecen a esta categoría los embalses que abarcan más de 6.200 has, los que en términos de gestión ambiental se deben usar y conservar.

Relacionada con la función indicada, en la medida que se deriva de un uso directo, se definen áreas y ecosistemas estratégicos para el servicio de sumideros de desechos. Estas áreas corresponden, en primer lugar, a los ríos principales para cada una de las 9 cuencas de la jurisdicción y, en segundo lugar, a los que reciben vertimientos de aguas negras de los municipios, prioritariamente aquellos que concentran altas poblaciones; en el caso del río Bogotá, por ejemplo, el carácter estratégico es más evidente que en otros ríos de la jurisdicción, pues este recibe no sólo los desechos domésticos e industriales de la ciudad de Bogotá sino también de otras poblaciones que se encuentran situadas a lo largo del río. Así mismo, están los depósitos de basuras y residuos sólidos que, en la mayoría de los casos, se disponen, de manera

adecuada, en botaderos a cielo abierto o en los cuerpos de agua; no obstante, debido al pequeño tamaño de los cascos urbanos, no constituye una amenaza significativa, se exceptúa el relleno sanitario de Mondoñedo en el cual se vierten los residuos de 42 municipios, bajo pésimas condiciones (CAR, 2003).

Se incluyen, por último, las áreas y ecosistemas que son parte del patrimonio cultural de la jurisdicción, estas corresponden a los sitios de relevancia arqueológica, etnográfica, museográfica, educativa y turística, identificados a una escala regional para la jurisdicción CAR. A una escala local, pertenecen también a estas áreas los bosques patrimoniales, zonas de valor paisajístico y otras señaladas como de patrimonio escénico, en los POT municipales; esto incluye los cerros, quebradas, lagunas, cascadas, bosques, parques y otras, que tienen una función sociocultural.

Tabla 9. Principales tipos de áreas y ecosistemas estratégicos según su función en la jurisdicción CAR

Soporte de los procesos humanos	Todos los relictos de vegetación natural	Conservación. Investigación.
Productividad	Suelos de mayor productividad en uso adecuado	Uso sostenible
	Embalses	Uso sostenible, recreación, Investigación, Conservación y restauración de sus "rondas"
Equilibrio ecológico	Todos los relictos de vegetación natural	Conservación
	Áreas protegidas declaradas	Conservación. Según el tipo de área: investigación, turismo, recreación
	Áreas ubicadas a más de 3.000m de altitud	Conservación y restauración
	Lagunas de montaña y humedales	Recreación pasiva Conservación y restauración (rondas). Recreación pasiva
Producción de agua	Nacimientos de agua	Conservación / restauración
	Bosques de niebla	Conservación / restauración
	Áreas de infiltración y recarga de acuíferos	Conservación / restauración
Prevención de riesgos	Remoción en masa	Conservación / restauración
	Deslizamientos	Conservación / restauración
	Áreas con pendientes > 45° (100%)	Conservación / restauración

Sumidero	Ríos en cabeceras municipales, especialmente las de mayor densidad poblacional. Río Bogotá.	Uso sostenible
	Áreas de depósitos de basuras. Relleno sanitario de Mondoñedo.	Uso sostenible
Patrimonio cultural	Áreas de importancia arqueológica	Conservación / restauración Turismo, recreación

Las potencialidades de uso de la mayor parte de las áreas y ecosistemas estratégicos corresponden a la conservación de las unidades identificadas, si estas se encuentran conservadas actualmente; si, por el contrario, se encuentran destinadas a otros usos y se considera que su conservación es estratégica, deben ser restauradas. Los usos anteriores no son incompatibles con el desarrollo de actividades de investigación y recreación, las cuales están dadas por el tipo de área; así, por ejemplo, las "ciénagas de El Cacique, Gualí y Tres Esquinas", humedales en jurisdicción de los municipios de Funza y Mosquera, son definidas, en el POT de Funza, como una zona recreativa y de manejo especial.

Como resultado de este estudio, se recomienda para la gestión ambiental regional que todos los relictos de vegetación natural sean conservados en el corto plazo, de una manera efectiva y sin mayores discusiones sobre si es adecuado conservarlos o no. El elevado nivel de transformación, de los ecosistemas de la jurisdicción CAR, sustenta la importancia de esta medida, dado que estas áreas constituyen el soporte de la vida humana y de la productividad en la región.

A nivel local, se recomienda que los alcaldes y autoridades ambientales municipales, sigan las directrices de ordenamiento iniciadas desde el nivel regional por la CAR; en este sentido, cada municipio podrá identificar cuáles áreas y ecosistemas son estratégicos para su productividad, los principales sumideros, fuentes abastecedoras de agua y áreas de patrimonio cultural o natural del municipio.

5. ESTRUCTURA ECOLÓGICA REGIONAL

Las áreas y ecosistemas estratégicos para la conservación, conectadas estructural y funcionalmente mediante corredores ecológicos, constituyen la estructura ecológica regional o de soporte natural de los procesos y actividades humanas que se realizan en el territorio CAR. Esta estructura fue definida bajo la perspectiva de diseñar

una propuesta posible y, por tanto, viable en el contexto político y socioeconómico actual, pero a la vez, compatible con la imagen deseada de la cobertura ecosistémica de la jurisdicción CAR.

Con base en la normatividad y legislación ambiental vigente, se propone, como principal corredor ecológico de las áreas y ecosistemas estratégicos, a los nacimientos y las rondas de los ríos. El Decreto 1449 del 27 de junio de 1977, por el cual se reglamenta parcialmente el Código de los Recursos Naturales (Decreto-Ley 2811 de 1974), establece, con el fin de proteger y conservar los bosques en predios privados, que se debe mantener una cobertura boscosa en las áreas forestales protectoras. Estas áreas son los nacimientos de fuentes de agua, que deben protegerse en una extensión por lo menos de 100 m a la redonda y las rondas de los ríos protegidas en una franja de 30 m de ancho.

Con la protección de las rondas de los ríos en una franja de 30 m se logra la conservación de 91.833 has, lo que equivale al 5% de la jurisdicción. No obstante, dado que la mayor parte de estas unidades presentan una cobertura transformada en gran medida, la gestión debe centrarse en procesos de restauración a través de la revegetalización con especies nativas de importancia económica, según las diferentes eco-regiones; en este sentido, se propone que se siembren árboles frutales, maderables y de sombrío, entremezclados con árboles y arbustos nativos.

Por otra parte, el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, ordena que los departamentos y municipios del país deben adquirir las áreas de importancia estratégica para la conservación de los recursos hídricos que surten los acueductos de su jurisdicción, con la destinación mínima del 1% de sus ingresos durante el período 1993-2014; dentro de estas áreas están los nacimientos de agua, páramos, bosques de niebla, bosques riparios. Sin embargo, la estrategia de compra de tierras no es la más adecuada en todas las situaciones, sino que puede combinarse con una estrategia de “renta de conservación” asociada a la destinación del terreno (predio) para fines de conservación de los ecosistemas naturales -poco intervenidos-. Esta renta existe cuando hay una población interesada en un bien –recurso agua- cuya disponibilidad depende del mantenimiento del ecosistema que presta el servicio de regulación hídrica. Dado que los predios son de propiedad privada, los beneficiarios de la conservación del ecosistema pagarían al propietario por su conservación (González, 2001).

De acuerdo a lo anterior, se propone evaluar diferentes alternativas para la conservación de las áreas y ecosistemas que conforman la estructura ecológica de soporte de la jurisdicción CAR. Es importante, así mismo, destacar que la conservación de las rondas, como parte de la estructura ecológica de soporte, permite un acercamiento al concepto de "función ecológica" de la propiedad planteado en la Ley 99/93; en este sentido, se propone a escalas locales usar cercas vivas como corredores ecológicos en áreas de uso agropecuario.

Otro elemento de conexión de la estructura ecológica está conformado por las zonas de amortiguación de las áreas protegidas, corredores biológicos altitudinales, los cuales adquieren prioridad en el ordenamiento en la medida en que se encuentren conservados. Dentro de las áreas y ecosistemas estratégicos, se propuso la incorporación de las áreas ubicadas a más de 3.000 m de altura que cubren un poco más de 300.000 has (16% de la jurisdicción); no obstante, dado que la mayor parte del territorio CAR está por debajo de esa altitud y que se considera importante conservar las partes más altas de las montañas, se incluyen como elemento de conexión las principales crestas, que representan 42.500 has (2,3%), y divisorias de aguas de las subcuencas de la jurisdicción.

Se propone, por último, que la gestión ambiental de la CAR se centre en la conservación y restauración de los siguientes elementos mínimos: áreas con cobertura de vegetación natural actual, rondas de ríos, áreas ubicadas por encima de 3.000 m de altitud, divisorias de cuencas y áreas protegidas declaradas. En consecuencia, la estructura ecológica regional diseñada no sólo debe ser conservada sino también construida y, en este sentido, se concibe más como una infraestructura que soporta los procesos humanos, sociales y económicos, que debe ser mantenida y administrada (planes de manejo).

Con la protección efectiva de estas áreas y ecosistemas se logra la conservación del 30% de la jurisdicción, lo que asegura una oferta adecuada de bienes y servicios ambientales y posibilita el uso sostenible de las áreas restantes del territorio; aunque es muy probable que estas excedan la capacidad de utilizarlas por parte de la población que habita la jurisdicción. Esta propuesta no sólo responde a las necesidades de conservación de la jurisdicción, sino que constituye una propuesta viable en términos normativos y legales.

Por último, se recomienda que se diseñe e implemente un Sistema de Gestión Ambiental Regional –SIGAR–, equivalente a los Sistema de Gestión Ambiental Municipal –SIGAM–, organizados en cerca de 10 municipios con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Alcaldías municipales y el Instituto de Estudios Ambientales, IDEA, de la Universidad Nacional de Colombia. Este SIGAR tendría como finalidad lograr una gestión ambiental interinstitucional coordinada, coherente y que optimice recursos técnicos, humanos y financieros.

BIBLIOGRAFÍA

- Amat-G. & E. Blanco-Vargas. 2003. Artrópoda de los Humedales de la Sabana de Bogotá. En: Los Humedales de Bogotá y la Sabana. Acueducto- Conservación Internacional. Vol. 1 p 91-106.
- Andrade, G. 2003. Lagos y humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá: de la biología a la cultura de la conservación. En: Acueducto de Bogotá y Conservation International. 2003. Los humedales de Bogotá y la Sabana. Tomo 2. Bogotá. 29-55pp.
- Burgos, J. D. & Moreno-Tovar, P. 1996. Zipf-scaling behavior in the immune system. *BioSystems* 39: 227-232.
- Calvachi, B. 2003. Una aproximación al conocimiento actual de los humedales, lagunas y embalses de Bogotá y la Sabana. En: Acueducto de Bogotá y Conservation International. 2003. Los humedales de Bogotá y la Sabana. Tomo 1. Bogotá. 183-199pp.
- CAR. 2003. Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2001-2010. Documento electrónico. Bogotá. Tomado de: http://www.car.gov.co/PGAR_2003.htm. Agosto de 2003.
- CAR – ECOFOREST. 2003. Los recursos naturales renovables en el territorio de la CAR: inventario y diagnóstico. Informe final del proyecto CAR – ECOFOREST Limitada.
- CAR. 2002. Páramos de la CAR. Bogotá D.C. 86 p.
- Chaparro, B. 2003. Reseña de la vegetación en los humedales de la Sabana de Bogotá. En: Acueducto de Bogotá y Conservation International. 2003. Los humedales de Bogotá y la Sabana. Tomo 1. Bogotá. 71-90pp.
- Dinnerstein, E; D. M. Olson; D. J. Graham; A. L. Webster; S. A. Primm; M. P. Bookbinder & G Ledec. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Publicado en colaboración entre el Fondo Mundial para la Naturaleza y el Banco Mundial. Washington, D. C.
- García, M. ; F. D. Sánchez; R. Marín ; H. Guzmán; N. Verdugo; E. Domínguez; O. Vargas; L. Panizzo; N.