

Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2011

Estado de la biodiversidad, de los ecosistemas
continentales, marinos, costeros
y avances en el conocimiento



2

TOMO

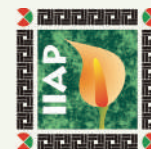


MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales



Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables

2011



Estado de la biodiversidad, de los ecosistemas
continentales, marinos, costeros y avances en
el conocimiento

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN

Presidente de la República de Colombia

LUZ HELENA SARMIENTO VILLAMIZAR

Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

PABLO ABBA VIEIRA SAMPER

Viceministro de Ambiente

ÓMAR FRANCO TORRES

Director General - IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

JOSÉ ALAÍN HOYOS HERNÁNDEZ

Subdirector de Estudios Ambientales - IDEAM

EDITORES

Lina María Carreño Correa y Max Alberto Toro Bustillo

Subdirección de Estudios Ambientales - IDEAM

COMITÉ EDITORIAL

Lina María Carreño Correa, Max Alberto Toro Bustillo, Estefanía Ardila Robles, Jairo Miguel Guerra, Óscar Orrego, Carolina García Valencia, Leonardo Arias-Alemán y William Castro Pulido.

CORRECCIÓN DE ESTILO

Imprenta Nacional de Colombia

DISEÑO DE LA CARÁTULA

Bibiana Lissette Sandoval Báez

Grupo de Comunicaciones – IDEAM

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Imprenta Nacional de Colombia

FOTOGRAFÍA DE LA CARÁTULA

Asociación para la Promoción Social Alternativa MINGA. (12 de mayo de 2011). Líderes amenazados en el municipio de Villa Garzón por las águilas negras. Recuperado el 26 de noviembre de 2013, de http://asociacionminga.org/index.php?option=com_content&view=article&id=861:accion-urgente&catid=16:putumayo&Itemid=14

CARTOGRAFÍA

Institutos de Investigación del SINA: IDEAM, IAvH, Invemar, SINCHI e IIAP.

REPRODUCCIÓN, IMPRESIÓN Y EMPAQUE

Imprenta Nacional de Colombia

Bogotá - Colombia

CÍTESE COMO

IDEAM, IAvH, Invemar, SINCHI e IIAP. Tomo 2: Estado de la Biodiversidad, de los ecosistemas continentales, marinos, costeros y avances en el conocimiento. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 2011. Bogotá, D. C., 2013. 268 pag.

Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013, Bogotá, D. C., Colombia.

ISSN: 2346-1586

Distribución Gratuita

2013, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el IDEAM.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

ÓMAR FRANCO TORRES

Director General - IDEAM

CLEMENTINA DEL PILAR GONZÁLEZ PULIDO

Secretaria General - IDEAM

CONSEJO DIRECTIVO

LUZ HELENA SARMIENTO VILLAMIZAR

Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CECILIA ÁLVAREZ CORREA GLEN

Ministra de Transporte

TATIANA OROZCO DE LA CRUZ

Directora General

Departamento Nacional de Planeación - DNP

JORGE RAÚL BUSTAMANTE ROLDÁN

Director General

Departamento Nacional de Estadísticas - DANE

JUAN PABLO RUIZ SOTO

Delegado

Presidencia de la República

RAMÓN LEAL LEAL

Director Ejecutivo

Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible - ASOCARS

PAULA MARCELA ARIAS PULGARÍN

Directora General

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias

CLEMENTINA DEL PILAR GONZÁLEZ PULIDO

Secretaria Técnica del Consejo

DIRECTIVAS

NELSON ÓMAR VARGAS MARTÍNEZ

Subdirector de Hidrología

JOSÉ ALAÍN HOYOS HERNÁNDEZ

Subdirector de Estudios Ambientales

MARÍA SARALUX VALBUENA LÓPEZ

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

MARÍA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ

Subdirectora de Meteorología

CHRISTIAN FELIPE EUSCATEGUI COLLAZOS

Jefe Oficina Pronósticos y Alertas

FAVIANA ESTHER FAJARDO FERREIRA

Jefe(E) Oficina Asesora de Planeación

JUAN JOSÉ POSADA URIBE

Coordinador Grupo de Comunicaciones

LEONARDO CÁRDENAS CHITIVA

Jefe Oficina de Informática

ADRIANA PORTILLO TRUJILLO

Jefe Oficina Asesora Jurídica

MARÍA EUGENIA PATIÑO JURADO

Jefe Oficina Control Interno

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI

LUZ MARINA MANTILLA CÁRDENAS

Directora General

ROSARIO PIÑERES VERGARA

Subdirectora Administrativa y Financiera

CATALINA CHICA VARGAS

Oficina Asesora de Planeación

WILLIAM CASTRO PULIDO

Subdirección Científica y Tecnológica

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” - IAvH

BRIGITTE LG BAPTISTE BALLERA
Directora General

JERÓNIMO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
Subdirector Científico

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon Von Neuman - IIAP

WILLIAM KLINGER BRAHAN
Director General

SATÚ DEL PILAR LOZANO MAYA
Secretaría General y Jurídica

JAIRO MIGUEL GUERRA GUTIÉRREZ
Subdirector de Investigaciones

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - Invemar

FRANCISCO ARMANDO ARIAS ISAZA
Director General

JESÚS ANTONÍO GARAY TINOCO
Subdirector de Coordinación de Investigaciones

SANDRA RINCÓN CABAL
Subdirectora Recursos y Apoyo a la Investigación

AUTORES Y COLABORADORES TOMO 2

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM

Autores: Edersson Cabrera Montenegro, Diana Marcela Vargas, Gustavo Galindo, María Claudia García Dávila y María Fernanda Ordóñez Castro.

Colaboradores: Edersson Cabrera Montenegro, Diana Marcela Vargas, Gustavo Galindo, María Claudia García Dávila, María Fernanda Ordóñez Castro, Lina Katherine Vergara, Ana María Pacheco, Juan Carlos Rubiano, Paola Giraldo, José Julián González Arenas, Andrés Alejandro Etter Rothlisberger, Armando Hilario Sarmiento López, Sergio Alonso Orrego Suaza, Cristian David Ramírez Sosa, Juan Fernando Phillips, Álvaro Javier Duque, Kenneth Roy Cabrera, Adriana Patricia Yepes, Diego Alejandro Navarrete, Esteban Álvarez, Dairon Cárdenas, María Liseth Rodríguez y Jaime Alberto Murillo Sánchez.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt- IAvH

Autores: Fernando Salazar Holguín, Julia Benavides Molineros, Luisa Fernanda Pinzón, Olga Lucía Trespalacios González, Mónica L. Vera Ardila y Jaime J. Parada Rendón.

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon Von Neuman – IIAP

Autores: William Klinger Brahan, Giovanni Ramírez Moreno, Jairo Miguel Guerra Gutiérrez, Lady Vargas Porras, Zulmary Valoyes Cardozo, Nelsy Bonilla y Fredy Carabalí Mosquera.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI

Autores: Henry Castellanos Quiroz, Uriel Gonzalo Murcia García, Carlos Hernando Rodríguez, Dairon Cárdenas López, Juan Sebastián Barreto Silva, Elizabeth Riaño Umbarila, Carlos Ariel Salazar Cardona, Nicolás Castaño Arboleda, Sonia Mireya Súa Tunjano, Marcela Núñez Avellaneda, Edwin Agudelo Córdoba, Gladys Inés Cardona Vanegas y Clara Patricia Peña Venegas.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR

Autores: Luisa Espinosa, Lizbeth Janet Vivas, Julián Betancourt, Juan Pablo Parra, Jesús Garay, Diana Isabel Gómez López, Angélica María Batista Morales, Adriana Gracia Clavijo, Erika Montoya Cadavid, Raúl Navas Camacho, Kelly Gómez Campo, Johanna Vega Sequeda, Tomás López Londoño, Alianis Orjuela, Carlos Villamil, Laura Perdomo, Angela López Rodríguez, Paula Cristina Sierra, Blanca Oliva Posada, Daniel M. Rozo, Jiner Bolaños, Anny Zamora y David Alonso Carvajal.



2

TOMO

ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD, DE LOS ECOSISTEMAS CONTINENTALES, MARINOS, COSTEROS Y AVANCES EN EL CONOCIMIENTO

El tomo 2 del Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales 2011 trata sobre el estado de la biodiversidad, de los ecosistemas continentales, marinos y costeros y de los avances en el conocimiento logrados por las instituciones de investigación del SINA.

En el primer capítulo del presente tomo se expone una evaluación de la deforestación como uno de los impactos más significativos que afecta los suelos, los bosques y la biodiversidad en Colombia. Se exponen los resultados de las investigaciones sobre las causas de la deforestación en Colombia y se realiza un análisis de sus tendencias. Dada la importancia que tiene el manejo de la deforestación y la conservación del bosque para evitar emisiones de gases de efecto invernadero, se incluyen avances de las investigaciones desarrolladas conjuntamente con el Proyecto REDD.

Los siguientes capítulos reflejan el desarrollo de la información y el conocimiento sobre la biodiversidad y sobre el estado de los ecosistemas continentales y marinos y costeros en Colombia, con énfasis fundamental en regiones como la Amazonía y el Chocó biogeográfico.

En estos cuatro capítulos se presentan los avances en el desarrollo de los sistemas de información sobre biodiversidad y sobre la caracterización de las especies y los listados de especies en peligro o extintas y estudios sobre estructura y función de los ecosistemas y regiones como la Amazonía y el Chocó biogeográfico.



TABLA DE CONTENIDO

3. DEFORESTACIÓN EN COLOMBIA, TENDENCIAS Y FACTORES DE CAMBIO.....	23
3.1 CUANTIFICACIÓN DE LA DEFORESTACIÓN Y SUS TENDENCIAS A ESCALA NACIONAL.	24
3.1.1 Cuantificación de la deforestación histórica (1990-2000-2005-2010). Participación regional.....	25
3.1.1.1 Análisis regional por Corporación Autónoma Regional (CAR).....	29
3.1.2 Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia.....	31
3.1.3 Identificación de los hotspots de deforestación en Colombia	32
3.2 AVANCES EN LOS ESTUDIOS SOBRE LOS FACTORES DE CAMBIO EN LA COBERTURA BOScosa DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA. POBLAMIENTO Y DINÁMICAS DE MOVILIDAD Y CRECIMIENTO ECONÓMICO.	36
3.2.1 Análisis de cambios de coberturas en la Amazonía colombiana.....	37
3.2.1.1 Resultados de fragmentación	39
3.2.1.2 Cambios en coberturas: frontera agropecuaria y áreas urbanas.	41
3.2.1.3 Análisis de los cambios de la vegetación secundaria.....	49
3.2.2 Sistema de asentamientos humanos y jerarquía urbana en la región Amazónica colombiana	55
3.2.2.1 Anillo de poblamiento en la región Amazónica colombiana	56
3.2.2.2 Enclaves geopolíticos y económico-extractivos.....	56
3.2.2.3 Tipología de asentamientos humanos en la Amazonía colombiana.....	56
3.2.2.4 Sistema urbano en la región Amazónica colombiana	62
3.2.2.5 Tipología de centros urbanos de acuerdo con su jerarquía urbana por oferta de servicios y equipamientos en la Amazonía colombiana.....	63
3.2.3 Consumo de energía eléctrica en la región Amazónica colombiana	67
3.2.3.1 Zonas No Interconectadas	69
3.2.3.2 Consumo de energía eléctrica y número de usuarios en la región Amazónica	71
3.2.3.3 En torno al uso sostenible de la energía eléctrica en la Amazonía Colombiana	76
3.3 DEFORESTACIÓN EVITADA.	77
3.3.1 Estimación de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e) por la conversión de Bosques Naturales a Praderas, durante los periodos 2000-2005 y 2005-2010	77
3.3.2 Reservas potenciales de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques naturales de Colombia	79
3.4 BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO DEFORESTACIÓN	82
4. ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS CONTINENTALES Y BIODIVERSIDAD EN COLOMBIA. REGISTROS OFICIALES Y SISTEMA DE INFORMACIÓN.	87
4.1 CONTEOS GENERALES	89
4.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN COLOMBIA.....	91
4.3 ECOSISTEMAS EN COLOMBIA	92
4.4 ESPECIES AMENAZADAS, INVASORAS Y USOS DE LA BIODIVERSIDAD.....	92

4.5	POBLACIÓN EN BIOMAS	93
4.6	DATOS E INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD DISPONIBLES EN EL SIB COLOMBIA	99
4.6.1	Proceso de compilación y análisis de registros biológicos.....	101
4.6.2	Registros biológicos por grupos de organismos	102
4.6.3	Registros biológicos y especies por departamento y municipio	103
4.6.4	Agrupación de registros biológicos por criterios temáticos	109
4.7	ESPECIES EN CATEGORÍAS DE AMENAZA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN).....	112
4.8	REGISTRO NACIONAL DE COLECCIONES BIOLÓGICAS	115
4.9	METADATOS DE LA INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD EN COLOMBIA.	118
4.10	BIBLIOGRAFÍA ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS CONTINENTALES.	124
5.	ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DE LA REGIÓN DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO COLOMBIANO	129
5.1	METODOLOGÍA GENERAL.....	131
5.2	COMPONENTE BIODIVERSIDAD.....	132
5.2.1	Criterio de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas.....	132
5.2.1.1	Estructura del criterio de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas.....	133
5.2.1.2	Descripción de la estructura según el criterio de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas.	135
5.2.2	Criterio de funcionalidad de los ecosistemas-integridad ecológica.....	154
5.2.2.1	Estructura del criterio de funcionalidad de los ecosistemas-integridad ecológica.....	155
5.2.2.2	Descripción de la estructura según el criterio de funcionalidad de los ecosistemas-integridad ecológica.	156
5.3	COMPONENTE DE FUNCIONALIDAD Y SERVICIOS.....	170
5.3.1	Criterio de provisión	170
5.3.1.1	Definición de subcriterio de funcionalidad y servicios	171
5.3.2	Estructura ecológica de provisión de la región del Chocó Biogeográfico	171
5.3.2.1	Descripción de la estructura ecológica de la región del Chocó Biogeográfico – criterio provisión.....	172
5.3.3	Componente cultural	182
5.3.3.1	Definición del subcriterio de identidad.....	182
5.3.3.2	Descripción de la estructura según el criterio de cultura.....	183
5.4	ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO	184
5.5	BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO	186
6.	ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS Y DE LA BIODIVERSIDAD DE LA AMAZONÍA	193
6.1	ESTADO DEL CONOCIMIENTO, USO Y CONSERVACIÓN DE LA FLORA EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA	193
6.1.1	Colecciones biológicas de la Amazonía colombiana	194
6.1.2	Diversidad florística de la Amazonía colombiana	195
6.1.3	Especies útiles de la Amazonía Colombiana	197

6.1.4	Enclaves del Escudo Guayanés en la Amazonía colombiana	198
6.1.5	Plantas amenazadas en Amazonía colombiana.....	203
6.1.6	Plantas introducidas a la Amazonía colombiana	205
6.1.7	Plantas invasoras en la Amazonía colombiana	207
6.2	RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS Y CALIDAD AMBIENTAL DE HUMEDALES AMAZÓNICOS	208
6.2.1	Área de estudio.....	209
6.2.2	Calidad de hábitat.....	210
6.2.3	Calidad física, química y microbiológica de las aguas continentales amazónicas.....	211
6.2.4	Biota acuática	213
6.2.5	Especies incluidas dentro de las categorías de las Listas Rojas	216
6.2.6	Síntesis general.	219
6.3	CAPTURA DE PECES COMERCIALES EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	220
6.4	ESTADO DEL INVENTARIO DE MICROORGANISMOS EN SUELOS DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	223
6.4.1	Estado actual del conocimiento de los microorganismos rizosféricos	224
6.4.2	Inventario de microorganismos por herramientas moleculares sin información sobre su función específica en el suelo.....	226
6.5	BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS Y DE LA BIODIVERSIDAD DE LA AMAZONÍA.....	226
7.	ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA.	235
7.1	CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS. EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS (ICAM _{peff}).....	235
7.2	ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS Y HÁBITATS MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA.	238
7.2.1	Arrecifes coralinos	238
7.3	EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS CORALES. INDICADOR DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE CORALES	239
7.3.1	Manglares.....	242
7.3.2	Evaluación del estado de los manglares del país.....	246
7.3.2.1	Cambios en la cobertura de manglar: Indicador de Extensión de manglares (IEmanglar).....	246
7.3.2.2	Cambios en el estado de los bosques de manglar: Indicador de Integridad Biológica para manglares (IBIm)	247
7.3.3	Pastos marinos	249
7.3.3.1	Indicador de cobertura de pastos marinos	250
7.4	ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD DEL MEDIO ABIÓTICO MARINO Y COSTERO: HIDROCARBUROS, METALES PESADOS, PLAGUICIDAS Y MICROORGANISMOS DE CONTAMINACIÓN FECAL	251
7.4.1	Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos (HDD)	252
7.4.2	Residuos de plaguicidas.....	253
7.4.3	Metales pesados	254
7.4.4	Microorganismos indicadores de contaminación fecal.....	255
7.5	AVANCES EN PLANIFICACIÓN, PROTECCIÓN Y ACCIONES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ZONAS MARINAS Y COSTERAS.....	256

7.5.1 Planes de manejo integrado en las Unidades Ambientales Costeras	258
7.5.2 Ordenamiento de manglares.....	259
7.5.3 Diseño e implementación del subsistema de áreas marinas protegidas en Colombia	259
7.6 PROTECCIÓN DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS, PLANES DE MANEJO DE MANGLARES.....	261
7.7 ACCIONES NACIONALES Y SECTORIALES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	263
7.8 BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS, MARINOS Y COSTEROS COLOMBIA.....	263

TABLA DE FIGURAS

FIGURA 3-1. MAPA DE COBERTURAS BOSQUE/NO-BOSQUE PARA LOS AÑOS 1990-2000-2005-2010.....	26
FIGURA 3-2. MAPA DE CAMBIO DE COBERTURAS BOSQUE/NO-BOSQUE PARA LOS PERIODOS 1990-2000; 2000-2005; 2005-2010	28
FIGURA 3-3. SIMULACIÓN DEL ÁREA DE BOSQUE NACIONAL (2010-2030) UTILIZANDO UN MODELO LOGÍSTICO.....	32
FIGURA 3-4. MAPA <i>HOTSPOTS</i> DE DEFORESTACIÓN 1990-2010.....	35
FIGURA 3-5. ACERCAMIENTO EN LA CAPA DE ÁREA DE NÚCLEO (SECCIÓN DE LA CAPA DEL PERIODO 2002).....	38
FIGURA 3-6. MAPA DE FRAGMENTACIÓN EN EL AÑO 2002	40
FIGURA 3-7. MAPA DE FRAGMENTACIÓN EN EL AÑO 2007	40
FIGURA 3-8. UBICACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO Y DETALLE DE LAS VENTANAS SEGÚN NIVELES DE INTERVENCIÓN...	42
FIGURA 3-9. PRINCIPALES TRANSICIONES DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA DE ORIGEN ANTRÓPICO A OTRAS COBERTURAS DURANTE EL PERIODO 2002 - 2007 (ÁREA EN HECTÁREAS)	50
FIGURA 3-10. ANILLO DE POBLAMIENTO Y ENCLAVES GEOPOLÍTICOS Y ECONÓMICOS EXTRACTIVOS DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	57
FIGURA 3-11. JERARQUÍA URBANA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA, 2005.....	64
FIGURA 3-12. JERARQUÍA URBANA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA, 2010.....	64
FIGURA 3-13. SISTEMA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	66
FIGURA 3-14. COREMA DEL SISTEMA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	67
FIGURA 3-15. COBERTURA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL, 2008. REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA.	69
FIGURA 3-16. REGIONALIZACIÓN DE LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS -IPSE-. REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA.....	70
FIGURA 3-17. REGIÓN AMAZÓNICA. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN (KWH AÑO) EN SIN Y ZNI POR SECTOR ECONÓMICO, 2005-2010	72
FIGURA 3-18. REGIÓN AMAZÓNICA. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA TOTAL EN (KWH AÑO) POR SECTOR ECONÓMICO, 2005-2010	73
FIGURA 3-19. REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA NÚMERO TOTAL DE USUARIOS POR SECTOR ECONÓMICO SIN Y ZNI, 2005-2010.....	74
FIGURA 3-20. REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIA. NÚMERO TOTAL DE USUARIOS POR SECTOR ECONÓMICO, 2005-2010	75
FIGURA 3-21. EMISIONES NETAS DE CO ₂ e DURANTE LOS PERIODOS 2000-2005 Y 2005-2010	78
FIGURA 3-22. DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA AÉREA EN BOSQUES NATURALES EN COLOMBIA EMPLEANDO LA LEYENDA DE ESTRATIFICACIÓN BASADA EN LAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE (SENSU IDEAM 2005)	81

FIGURA 4-1. CIFRAS SOBRE LA BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA	89
FIGURA 4-2. MAPAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN URBANA, DE LA POBLACIÓN RURAL Y DE LOS BIOMAS DE COLOMBIA.....	93
FIGURA 4-3. MAPA DE DENSIDAD DE LA POBLACIÓN EN LOS BIOMAS NATURALES DE COLOMBIA (HABITANTES POR KM ²) A PARTIR DEL CENSO DE POBLACIÓN DE 2005.....	94
FIGURA 4-4. DENSIDAD DE POBLACIÓN (HABITANTES POR KM ²) POR BIOMA NATURAL DE COLOMBIA, DE ACUERDO CON EL CENSO DE POBLACIÓN DEL 2005	96
FIGURA 4-5. NÚMERO DE HABITANTES POR BIOMA NATURAL DE COLOMBIA, DE ACUERDO CON EL CENSO DE POBLACIÓN DEL 2005.	97
FIGURA 4-6. PORCENTAJE DE ÁREA TRANSFORMADA POR BIOMA NATURAL DE COLOMBIA, DE ACUERDO CON EL MAPA DE ECOSISTEMAS DE COLOMBIA.....	98
FIGURA 4-7. NÚMERO DE CONJUNTOS DE DATOS DISPONIBLES A TRAVÉS DEL SiB COLOMBIA POR AÑO.....	100
FIGURA 4-8. NÚMERO DE REGISTROS BIOLÓGICOS DISPONIBLES A TRAVÉS DEL SiB COLOMBIA POR AÑO	100
FIGURA 4-9. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE REGISTROS BIOLÓGICOS DEL SiB COLOMBIA CON COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	102
FIGURA 4-10. MAPA DE DENSIDAD DE REGISTROS BIOLÓGICOS DEL SiB COLOMBIA.....	102
FIGURA 4-11. MAPA DE NÚMERO DE REGISTROS POR DEPARTAMENTO 2010 EN EL SiB COLOMBIA	105
FIGURA 4-12. NÚMERO DE TAXONES POR DEPARTAMENTO EN 2009 Y 2010 A PARTIR DE REGISTROS BIOLÓGICOS DEL SiB COLOMBIA.....	106
FIGURA 4-13. NÚMERO DE ESPECIES POR DEPARTAMENTO 2010 EN EL SiB COLOMBIA.....	107
FIGURA 4-14. MAPA DE REGISTROS POR MUNICIPIOS EN 2010 A PARTIR DE LOS REGISTROS BIOLÓGICOS DEL SiB COLOMBIA.	108
FIGURA 4-15. MAPA DE ESPECIES POR MUNICIPIO EN 2010 A PARTIR DE LOS REGISTROS BIOLÓGICOS DEL SiB COLOMBIA.....	109
FIGURA 4-16. REGISTROS BIOLÓGICOS EN EL SiB COLOMBIA EN 2010 POR NIVEL DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA....	110
FIGURA 4-17. REGISTROS BIOLÓGICOS EN EL SiB COLOMBIA EN 2010 POR TIPO DE EVIDENCIA	110
FIGURA 4-18. NÚMERO DE NUEVOS REGISTROS BIOLÓGICOS DEL SiB COLOMBIA, POR AÑO EN EL PERIODO 1930-2010	111
FIGURA 4-19. NÚMERO DE REGISTROS POR RANGO ALTITUDINAL A PARTIR DE REGISTROS BIOLÓGICOS EN EL SiB COLOMBIA 2010	112
FIGURA 4-20. NÚMERO DE ESPECIES AMENAZADAS POR CATEGORÍA UICN Y POR GRUPO BIOLÓGICO	114
FIGURA 4-21. NÚMERO TOTAL DE ESPECIES AMENAZADAS POR CATEGORÍA UICN	114
FIGURA 4-22. NÚMERO DE ESPECÍMENES DE COLECCIONES INSCRITAS EN EL RNCB, DISCRIMINADO POR CATALOGACIÓN Y PUESTA A DISPOSICIÓN A TRAVÉS DEL SiB COLOMBIA.....	115
FIGURA 4-23. NIVEL DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA POR GRUPO BIOLÓGICO EN LAS COLECCIONES DEL RNCB	118
FIGURA 4-24. ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS INSTITUCIONES QUE DOCUMENTAN METADATOS EN LA RED NACIONAL DE METADATOS	119
FIGURA 4-25. METADATOS POR REGIÓN EN EL CATÁLOGO NACIONAL DE METADATOS SOBRE BIODIVERSIDAD.....	120
FIGURA 4-26. NÚMERO DE METADATOS* POR REGIÓN NATURAL.	121
FIGURA 4-27. NÚMERO DE METADATOS* POR TIPO	121

FIGURA 4-28. NÚMERO DE METADATOS CON PERFIL DE DOCUMENTACIÓN POR TIPO DE ECOSISTEMAS GENERALES* ...	122
FIGURA 4-29. NÚMERO DE METADATOS POR NODO DE LA RED NACIONAL DE METADATOS	123
FIGURA 5-1. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES	135
FIGURA 5-2. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO ABUNDANCIAS NATURALES DE ESPECIES PARTICULARES	139
FIGURA 5-3. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO DE ALTA RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS.....	141
FIGURA 5-4. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO DE ESPECIES OBJETO DE CONSERVACIÓN (ESPECIES AMENAZADAS, ENDÉMICAS, RARAS).....	146
FIGURA 5-5. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO DE ECOSISTEMAS RELICTUALES, AMENAZADOS Y SINGULARES	149
FIGURA 5-6. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL ENTRE ECOSISTEMAS	156
FIGURA 5-7. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO DE IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS A SER RESTAURADAS.....	162
FIGURA 5-8. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL SEGÚN SUBCRITERIO DE ÁREAS CONSERVADAS POR LAS COMUNIDADES	168
FIGURA 5-9. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DE PROVISIÓN DE LA REGIÓN DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO	172
FIGURA 5-10. MAPA FINAL DE LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DE LA REGIÓN DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO ...	186
FIGURA 6-1. DISTRIBUCIÓN DE COLECCIONES DE PLANTAS DEL HERBARIO AMAZÓNICO COLOMBIANO (COAH)	194
FIGURA 6-2. PORCENTAJE DE REGISTROS EN COAH POR DEPARTAMENTOS.....	195
FIGURA 6-3. FAMILIAS DE PLANTAS VASCULARES MÁS DIVERSAS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	196
FIGURA 6-4. GÉNEROS DE PLANTAS VASCULARES MÁS DIVERSOS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA	196
FIGURA 6-5. FAMILIAS CON MAYOR NÚMERO DE ESPECIES ÚTILES EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA	197
FIGURA 6-6. GÉNEROS CON MAYOR NÚMERO DE ESPECIES ÚTILES EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	198
FIGURA 6-7. NÚMERO DE ESPECIES ÚTILES EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA POR CATEGORÍA DE USO.	198
FIGURA 6-8. MAPA DE LOS PRINCIPALES ENCLAVES DEL ESCUDO GUAYANÉS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA	199
FIGURA 6-9. FAMILIAS MÁS DIVERSAS EN LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA	200
FIGURA 6-10. GÉNEROS MÁS DIVERSOS EN LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA	200
FIGURA 6-11. FAMILIAS CON MAYOR NÚMERO DE ESPECIES EN LAS SABANAS DE ARENAS BLANCAS DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	202
FIGURA 6-12. FAMILIAS DE PLANTAS CON REPORTES DE AMENAZA.....	204
FIGURA 6-13. NÚMERO DE ESPECIES AMENAZADAS POR CATEGORÍA DE AMENAZA	205
FIGURA 6-14. FAMILIAS CON MAYOR NÚMERO DE ESPECIES INTRODUCIDAS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	206
FIGURA 6-15. GÉNEROS CON MAYOR NÚMERO DE ESPECIES INTRODUCIDAS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.	206
FIGURA 6-16. PORCENTAJE DE ESPECIES INTRODUCIDAS A LA AMAZONÍA COLOMBIANA SEGÚN LAS REGIONES DE ORIGEN.	207
FIGURA 6-17. ÁREA DE ESTUDIO	210
FIGURA 6-18. MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA	211

FIGURA 6-19. DIAGRAMA METODOLÓGICO DE CAMPO PARA EL PERIFITON.....	213
FIGURA 6-20. RELACIÓN DE RIQUEZA DEL PERIFITON ENCONTRADO	214
FIGURA 6-21. RELACIÓN PORCENTUAL DE LOS GRUPOS DE MICROALGAS OBSERVADOS EN EL PERIFITON	215
FIGURA 6-22. DIAGRAMA METODOLÓGICO DE CAMPO PARA MACROINVERTEBRADOS.....	215
FIGURA 6-23. EJEMPLARES DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.....	216
FIGURA 6-24. PROCEDIMIENTO PARA LA COLECTA EN CAMPO DE PECES	216
FIGURA 6-25. ABUNDANCIA DE LOS DIFERENTES ÓRDENES TAXONÓMICOS Y DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS COLECTADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ.	217
FIGURA 6-26. ESPECIES MÁS ABUNDANTES ENCONTRADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO	217
FIGURA 6-27. EJEMPLAR ADULTO DE <i>SALMINUS AFFINIS</i>	218
FIGURA 6-28. ESPECIE DE LA SUBFAMILIA STEVADIIRNAE (CHARACIDAE)	218
FIGURA 6-29. PORCENTAJE DE LA EXTRACCIÓN GLOBAL DE BAGRES COMERCIALES POR DEBAJO DEL TAMAÑO MÍNIMO DE CAPTURA EN EL RÍO AMAZONAS COMPARANDO EL PERIODO 1995-2000 Y 2002-2010.	221
FIGURA 6-30. PORCENTAJE DE LA EXTRACCIÓN GLOBAL DE BAGRES COMERCIALES POR DEBAJO DEL TAMAÑO MÍNIMO DE CAPTURA EN EL RÍO PUTUMAYO COMPARANDO EL PERIODO 1995-2000 Y 2002 – 2010.....	221
FIGURA 6-31. EVOLUCIÓN DEL INDICADOR DE PECES POR DEBAJO DEL TAMAÑO MÍNIMO DE CAPTURA PARA BAGRES COMERCIALIZADOS EN EL RÍO PUTUMAYO, AL FINAL DE LA DÉCADA DE 1990 Y FINAL DE LA DÉCADA DE 2000.....	222
FIGURA 6-32. EVOLUCIÓN DEL INDICADOR DE PECES POR DEBAJO DEL TAMAÑO MÍNIMO DE CAPTURA PARA BAGRES COMERCIALIZADOS EN EL RÍO AMAZONAS, AL FINAL DE LA DÉCADA DE 1990 Y FINAL DE LA DÉCADA DE 2000.....	222
FIGURA 7-1. ESTADO DEL AGUA MARINO-COSTERA EVALUADA CON EL ÍNDICE DE CALIDAD PARA PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA (ICAM _{PFF}) EN SITIOS CON TENDENCIA AL DETERIORO DURANTE LA ÉPOCA SECA (A) Y LLUVIA (B) DE 2010.....	237
FIGURA 7-2. FRECUENCIA RELATIVA CON LA QUE LAS DIFERENTES ESTACIONES POR ÁREA CAEN EN ALGUNA CATEGORÍA DE INTEGRIDAD O ESTADO DE LOS ARRECIFES CORALINOS PARA LAS ÁREAS DONDE SE REALIZA EL MONITOREO SIMAC PARA LOS DIFERENTES AÑOS EN LOS QUE ESTE SE HA LLEVADO A CABO EN CADA UNA.	241
FIGURA 7-3. UBICACIÓN ESPACIAL DE LOS MANGLARES EN EL CARIBE CONTINENTAL E INSULAR COLOMBIANO.....	244
FIGURA 7-4. UBICACIÓN ESPACIAL DE LOS MANGLARES EN EL LITORAL PACÍFICO COLOMBIANO.....	244
FIGURA 7-5. SERIE HISTÓRICA DEL INDICADOR DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA DE MANGLARES (IBIM) EN CUATRO SECTORES DE LA CGSM.....	248
FIGURA 7-6. LÍNEA BASE DE EXTENSIÓN DE PASTOS MARINOS PARA LAS ECORREGIONES MARINO-COSTERAS CON UNA PRESENCIA SIGNIFICATIVA DE ESTE ECOSISTEMA. MEC=MAPA DE ECOSISTEMAS DE COLOMBIA. AÑO LÍNEA BASE 2001-2003	250
FIGURA 7-7. ESQUEMA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS PARA LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL Y LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS AMBIENTES MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA.....	257
FIGURA 7-8. ÁREAS DE MANGLAR ZONIFICADAS	262

TABLAS

TABLA 3-1.	SUPERFICIE DE COBERTURAS DE BOSQUE/NO BOSQUE PARA LOS PERIODOS DE ANÁLISIS.	26
TABLA 3-2.	PROPORCIÓN DEL ÁREA BOSCOSA DEFORESTADA POR REGIONES NATURALES.	27
TABLA 3-3.	CAMBIOS EN LA COBERTURA BOSCOSA EN LA JURISDICCIÓN DE LAS CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES PARA LOS PERIODOS DE ANÁLISIS	30
TABLA 3-4.	CLASIFICACIÓN ÍNDICE DE CALIDAD DEL FRAGMENTO.....	39
TABLA 3-5.	NÚMERO DE FRAGMENTOS POR CATEGORÍA	41
TABLA 3-6.	ÁREA (HECTÁREAS) POR CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN	41
TABLA 3-7.	ÍNDICES DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA PARA LAS ESPECIES DEL NIVEL DE ALTA CONSOLIDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	43
TABLA 3-8.	ÍNDICES DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA PARA LAS ESPECIES DEL NIVEL DE MEDIA CONSOLIDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	43
TABLA 3-9.	ÍNDICES DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA PARA LAS ESPECIES DEL NIVEL DE BAJA CONSOLIDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	44
TABLA 3-10.	ESPECIES MÁS REPRESENTATIVAS SEGÚN EL IVI OBTENIDO A PARTIR DE DOMINANCIA Y FRECUENCIA EN EL NIVEL DE ALTA CONSOLIDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	45
TABLA 3-11.	ESPECIES MÁS REPRESENTATIVAS SEGÚN EL IVI OBTENIDO A PARTIR DE DOMINANCIA Y FRECUENCIA EN EL NIVEL DE NIVEL DE MEDIA CONSOLIDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN	45
TABLA 3-12.	ESPECIES MÁS REPRESENTATIVAS SEGÚN EL IVI OBTENIDO A PARTIR DE DOMINANCIA Y FRECUENCIA EN EL NIVEL DE BAJA CONSOLIDACIÓN DE LA INTERVENCIÓN.....	46
TABLA 3-13.	ESPECIES MÁS REPRESENTATIVAS SEGÚN EL IVI OBTENIDO A PARTIR DE DOMINANCIA Y FRECUENCIA	47
TABLA 3-14.	VEGETACIÓN SECUNDARIA POR ORIGEN.....	49
TABLA 3-15.	CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA POR SECTOR ECONÓMICO EN SIN Y ZNI, 2005-2010.....	71
TABLA 3-16.	CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA POR SECTOR ECONÓMICO, 2005-2010.	72
TABLA 3-17.	NÚMERO TOTAL DE USUARIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA POR SECTOR ECONÓMICO EN SIN Y ZNI, 2005-2010.....	73
TABLA 3-18.	NÚMERO TOTAL USUARIOS DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA POR SECTOR ECONÓMICO, 2005-2010.....	74
TABLA 3-19.	CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR HABITANTE EN LA REGIÓN AMAZÓNICA COLOMBIANA, 2005-2010.	75
TABLA 3-20.	CÁLCULO DE EMISIONES NETAS POR LA CONVERSIÓN DE BOSQUES NATURALES A PRADERAS (DEFORESTACIÓN) Y REGENERACIÓN DE PRADERAS A BOSQUES NATURALES DURANTE LOS PERIODOS 2000-2005 Y 2005-2010.	79
TABLA 3-21.	RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE CARBONO ALMACENADO EN BOSQUES NATURALES DE COLOMBIA POR ZONA DE VIDA (IDEAM 2005)	80
TABLA 4-1.	SÍNTESIS DE CIFRAS DE LA BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA EN EL NIVEL DE ESPECIE	90
TABLA 4-2.	POBLACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE COBERTURAS EN LOS BIOMAS DE COLOMBIA.....	95

TABLA 4-3.	NODOS DE DATOS DEL SiB COLOMBIA.....	99
TABLA 4-4.	CONJUNTOS DE DATOS DE LOS NODOS DEL SiB COLOMBIA CONSULTADOS PARA EL ANÁLISIS DE REGISTROS BIOLÓGICOS.....	101
TABLA 4-5.	NÚMERO DE REGISTROS Y TAXONES POR GRUPO DE ORGANISMOS A PARTIR DE REGISTROS DEL SiB COLOMBIA.....	103
TABLA 4-6.	NÚMERO DE REGISTROS BIOLÓGICOS Y VARIACIÓN POR DEPARTAMENTO EN 2009 Y 2010 A PARTIR DE REGISTROS DEL SiB COLOMBIA.	104
TABLA 4-7.	NÚMERO DE REGISTROS DE ESPECIES AMENAZADAS* POR DEPARTAMENTO EN 2009 Y 2010 A PARTIR DE REGISTROS DEL SiB COLOMBIA	113
TABLA 4-8.	NÚMERO DE EJEMPLARES EN LAS COLECCIONES INSCRITAS EN EL RNCB Y PORCENTAJE DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA POR GRUPOS GENERALES	115
TABLA 4-9.	RESUMEN DE LOS PROCEDIMIENTOS DEL RNCB POR AÑO.....	116
TABLA 4-10.	NÚMERO DE EJEMPLARES DE INVERTEBRADOS EN LAS COLECCIONES INSCRITAS EN EL RNCB Y PORCENTAJE DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA.....	116
TABLA 4-11.	NÚMERO DE EJEMPLARES DE PLANTAS EN LAS COLECCIONES INSCRITAS EN EL RNCB Y PORCENTAJE DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA.....	117
TABLA 4-12.	NÚMERO DE EJEMPLARES DE VERTEBRADOS EN LAS COLECCIONES INSCRITAS EN EL RNCB Y PORCENTAJE DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA.....	117
TABLA 5-1.	ÁREAS INCLUIDAS EN LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO SEGÚN EL CRITERIO DE DIVERSIDAD Y SINGULARIDAD DE ESPECIES.	134
TABLA 5-2.	ÁREAS DEGRADADAS A SER RESTAURADAS EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO	155
TABLA 5-3.	ÁREAS CONSERVADAS POR COMUNIDADES DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO.....	170
TABLA 5-4.	FUENTES HÍDRICAS DE LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO	171
TABLA 5-5.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL RÍO ATRATO	173
TABLA 5-6.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL RÍO SAN JUAN	177
TABLA 6-1.	NÚMERO DE COLECCIONES, FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES POR DEPARTAMENTO EN COAH.	195
TABLA 6-2.	NÚMERO DE ESPECIES DE PLANTAS NO VASCULARES EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	197
TABLA 6-3.	NÚMERO DE FAMILIAS Y ESPECIES POR DIVISIÓN EN LAS SABANAS DE ARENAS BLANCAS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA.	201
TABLA 6-4.	FAMILIAS CON MAYOR NÚMERO DE GÉNEROS EN LAS SABANAS DE ARENAS BLANCAS EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA	202
TABLA 6-5.	NÚMERO DE ESPECIES EN LOS DIFERENTES HÁBITOS EN LAS SABANAS DE ARENAS BLANCAS DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA.....	203
TABLA 6-6.	ESPECIES CON ALTO RIESGO DE INVASIÓN EN LA REGIÓN AMAZÓNICA A PARTIR DE LA HERRAMIENTA DE I3N.....	207
TABLA 6-7.	COMPARACIÓN DE DOS ARROYOS DEL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ Y LA RESOLUCIÓN 2115 DE 2007 SOBRE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN COLOMBIA.	212
TABLA 7-1.	ESCALA DE VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS MARINAS (ICAM)	236
TABLA 7-2.	PROPUESTA DE MEDIDAS QUE SE PUEDEN ADOPTAR SEGÚN LA VALORACIÓN DEL INDICADOR (ICAM).	237

TABLA 7-3.	ESCALA DE VALORACIÓN DEL INDICADOR DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE ÁREAS CORALINAS (IIEC) Y VALORES DE PONDERACIÓN DE INDICADORES SIMPLES QUE LO COMPONENTE.	240
TABLA 7-4.	COBERTURA DE MANGLAR EN COLOMBIA.	245
TABLA 7-5.	INDICADOR DE EXTENSIÓN CASO “CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA”	246
TABLA 7-6.	ESCALA DE VALORACIÓN DEL INDICADOR DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA (IBIM)	247
TABLA 7-7.	CONCENTRACIONES DE HDD MEDIDOS EN AGUAS MARINAS Y COSTERAS DE COLOMBIA ENTRE 2010 Y 2011. REDCAM.....	253
TABLA 7-8.	RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y ORGANOFOSFORADOS DETECTADOS EN AGUAS COSTERAS DE COLOMBIA ENTRE EL 2009 Y 2010.	254
TABLA 7-9.	CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES MEDIDOS EN LAS PLAYAS DE ANTIOQUIA, SUCRE, NARIÑO Y VALLE DEL CAUCA ENTRE LA ÉPOCA LLUVIOSA DE 2010 Y SECA DE 2011.. ..	255
TABLA 7-10.	ESTADO DE AVANCE EN LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN PARA EL MANEJO INTEGRADO EN LAS UAC.	258
TABLA 7-11.	AVANCES EN EL PROCESO DE ORDENAMIENTO DE LOS MANGLARES EN COLOMBIA	259
TABLA 7-12.	ÁREAS DE MANGLAR ZONIFICADAS EN TRES CATEGORÍAS DE MANEJO, APROBADAS O EN PROCESO DE APROBACIÓN	262

3. Deforestación en Colombia, tendencias y factores de cambio



El estudio de la deforestación histórica en Colombia aporta elementos para abordar dos tipos de problemáticas: el primero la composición actual de los bosques en Colombia y el impacto de la actividades humanas sobre ellos. La segunda problemática corresponde al significado global de los bosques tropicales. La identificación de los *hotspots* y del potencial de captura de carbono de los bosques es de enorme importancia global.

La gestión del cambio climático global implica el desarrollo del conocimiento de los más importantes reductos de bosque tropicales del planeta.

De ahí que los resultados de estas investigaciones han estado apoyados por iniciativas internacionales que están amparadas por las decisiones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Como se reflejará más adelante en la evaluación de las dinámicas territoriales en la Amazonía colombiana, los cambios que se perciben en la cobertura boscosa en el territorio son la expresión de dinámicas sociales, económicas y ambientales altamente complejas cuyo monitoreo y seguimiento aporta importantes elementos de análisis a la evaluación de la conservación y la sostenibilidad.



Segovia (Antioquia). Miguel Ángel Peña Hernández.

Mapa de Indicadores de Estado e Impacto sobre la Cobertura Boscosa en Colombia

Cuantificación deforestación	Superficie cobertura boscosa o no boscosa (ha)/periodo, cobertura boscosa deforestada/periodo, cambios en la cobertura boscosa en las Corporaciones Autónomas regionales/periodos.
Tendencias y patrones espaciales de deforestación y hotspots de deforestación	Deforestación/periodo: Área de cambio de la cobertura de bosque/ periodo).
Emisión de Dióxido de Carbono Equivalente (CO ₂ e) por la conversión de bosques naturales a praderas	Área de conversión (ha)/periodo, emisiones CO ₂ e /periodo.
Fragmentación de bosques	(Índice calidad de fragmentos): número de fragmentos/año y área fragmento (ha)/año.
Cambios en la composición y estructura de las coberturas de bosque, rastrojo y pasturas	Número de árboles según orden taxonómico/ nivel de intervención, índices de riqueza y abundancia/ nivel de intervención.
Cambios vegetación secundaria	Origen de la vegetación secundaria/año o periodo, vegetación secundaria según origen (ha)/departamento o periodo.
Ocupación del territorio	Anillo de poblamiento/departamento, enclaves geopolíticos y económicos extractivos/municipio-departamento, número de tipologías de los asentamientos por jerarquía urbana /municipio-departamento.
Consumo de energía eléctrica	Departamentos/Interconectados o no, km ² o % superficie nacional-regional/ Interconectados o no, número de centros urbanos atendidos en áreas no interconectadas/Departamento y consumo: KWh/año; número de usuarios/año; por habitante/año.

3.1 Cuantificación de la deforestación y sus tendencias a escala nacional

El avance en el uso de las metodologías de estudio de coberturas de la tierra y sensores remotos han permitido que los institutos de investigación en los últimos años, apliquen esfuerzos importantes en la reducción de la incertidumbre de las estadísticas sobre deforestación en el país. Lo cual ha permitido no solo obtener serias estimaciones sobre la verdadera evolución de la tasa de deforestación del territorio y también el desarrollo de información en torno a las coberturas del bosque tal como la biomasa y el contenido de carbono en los bosques. Se presentan en esta sección avances y precisiones sobre tales procesos de investigación.

3.1.1 Cuantificación de la deforestación histórica (1990-2000-2005-2010). Participación regional ¹

En el año 2011, el IDEAM en el marco del proyecto “Fortalecimiento de la capacidad Institucional técnica y científica para apoyar Proyectos REDD”² realizó un ejercicio de cuantificación de la deforestación a nivel nacional (escala fina³) usando imágenes de sensores remotos para el periodo 1990-2000-2005-2010. Además, realizó la identificación de la transición de coberturas de bosques a otras coberturas de la tierra, para lo cual las áreas detectadas como de “cambio” en cobertura boscosa fueron procesadas digitalmente a fin de identificar el tipo de cobertura a la cual fueron transformadas en el intervalo de tiempo 2000-2005-2010⁴. Este estudio es complementario al reportado en el Informe Anual Sobre el Estado de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, Bosques 2009, en el cual se realizó una identificación a escala gruesa⁵ de la deforestación en Colombia para el periodo 2000-2007. Los dos ejercicios forman las bases de una propuesta para el monitoreo de la deforestación a Nivel nacional en dos escalas: El primero, permite identificar a escala gruesa los sitios del país donde se presenta la deforestación y el segundo, con mayor detalle (Escala Fina), permite cuantificar a nivel nacional las áreas deforestadas, la tasa de deforestación y las coberturas a las cuales está cambiando el bosque. En esta sección se presentan los resultados de la cuantificación de la deforestación histórica a escala fina para el territorio continental del país.

Los resultados del monitoreo permitieron identificar para el territorio continental del país una cobertura de bosque de 64'417.248 hectáreas para 1990 (Tabla 3-1) las mayores extensiones se registraron para las regiones de Amazonía y Andes principalmente en las regiones Amazonía y Andes, como se presenta en la Tabla 3-2. Adicionalmente, es importante mencionar que para este periodo de análisis se reporta un 2.2% del territorio continental colombiano con persistencia de áreas de nubosidad, generando cerca de 2'500.000 hectáreas en áreas sin información de coberturas, como se puede apreciar en la Figura 3-1. En el periodo 2000 se detectó una extensión de cobertura boscosa total de 61'732.841 hectáreas, representando el 54.1% del territorio nacional (Tabla 3-1 con las mayores extensiones de bosque en las regiones de la Amazonía y Andes como se presenta en la Tabla 3-2 y en la Figura 3-2. Para este periodo de análisis se reporta un 1.9% del territorio continental colombiano con persistencia de áreas de nubosidad, generando 2.200.000 hectáreas en áreas sin información de coberturas.

Para el periodo 2005 se contabilizó una superficie de cobertura boscosa total para el país de 60'206.330 hectáreas, representando el 52.8% del territorio nacional (Tabla 3-1). Este tipo de coberturas se ubica principalmente en la región amazónica, como se presenta en la Figura 3-1. Adicionalmente, es importante mencionar que para este periodo de análisis se reporta un 2.6% del territorio continental colombiano sin información debido a la persistencia de áreas de nubosidad, pero también a problemas del sensor (bandeamiento de imágenes Landsat 7) generando cerca de 3'000.000 ha en áreas sin información de coberturas, como se puede observar en la Figura 3-1.

¹ El contenido de este documento resume los resultados obtenidos por el componente Socioeconómico (Proyecciones) de la fase 1 del proyecto “Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) en Colombia. Cabrera E., Vargas D.M., Galindo G., García, M.C., Ordóñez, M.F., Vergara, L.K., Pacheco, A.M., Rubiano, J.C. y Giraldo, P. 2011. Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional- escalas gruesa y fina. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá, D. C., Colombia. 106 p.

² Proyecto financiado por la Fundación Gordon y Betty Moore y ejecutado por: IDEAM, MAVDT y Fundación Natura.

³ 30 metros de resolución, compatible con escala 1:100.000. Se procesaron un total de 350 imágenes disponibles para las 63 escenas Landsat TM (misiones 4 y 5) y ETM+ (misión 7) que cubren el territorio colombiano para los periodos de análisis propuestos, con resolución espacial de 30m. Se aplicó una metodología semiautomatizada con ajustes a criterio de intérprete para la generación de los mapas de cobertura Bosque/No Bosque y la identificación del cambio de la cobertura de Bosque a Otras Coberturas de la tierra.

⁴ Para los propósitos de este ejercicio, se utilizó una leyenda de coberturas de la tierra (principalmente vegetales), constituida por 14 clases de cobertura de la tierra y basada en la adaptación para Colombia de la leyenda de Corine LandCover -CLC Colombia-, en sus niveles I y II (IDEAM et al., 2010).

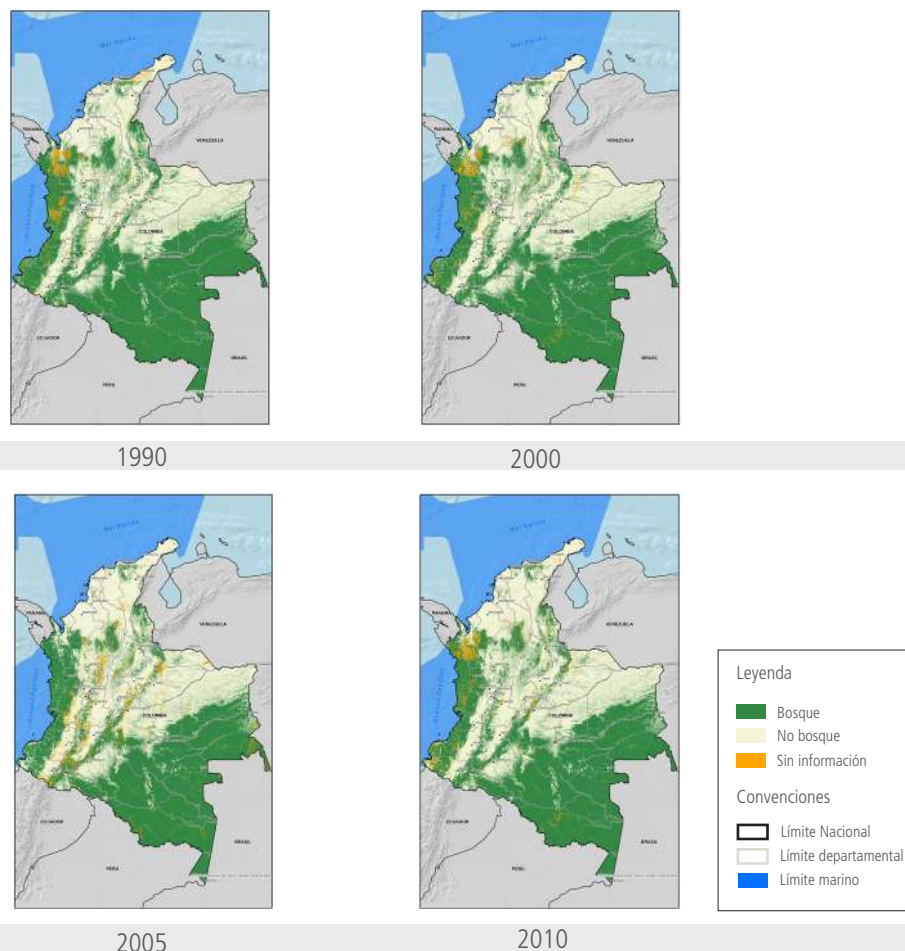
⁵ Resolución espacial de 250 metros, compatible con la escala 1:500.000 utilizando imágenes MODIS.

En el periodo 2010 se identificó una superficie de cobertura boscosa total para el país de 58'633.631 hectáreas, representando el 51,4% del territorio nacional (ver Tabla 3-1 y Figura 3-1). Este tipo de coberturas se ubica principalmente en la región amazónica, como se presenta en la Tabla 3-2. Adicionalmente, es importante mencionar que para este periodo de análisis se reporta un 3,3% del territorio continental colombiano con áreas sin información debido a la persistencia de áreas de nubosidad, problemas del sensor (bandeamiento de imágenes Landsat ETM+) y áreas de sombra por pendientes en imágenes de Radar, generando alrededor de 3'800.000 hectáreas en áreas sin información de coberturas.

Tabla 3-1. Superficie de coberturas de Bosque/No Bosque para los periodos de análisis

Periodo de análisis /	Cobertura 1990		Cobertura 2000		Cobertura 2005		Cobertura 2010	
Cobertura	Área (hectáreas)	% Área	Área (hectáreas)	% Área	Área (hectáreas)	% Área	Área (hectáreas)	% Área
Bosque	64.417.248	56,5	61.732.841	54,1	60.206.330	52,8	58.633.631	51,4
No Bosque	47.150.177	41,3	50.141.994	44,0	50.893.434	44,6	51.645.361	45,3
Sin información	2.494.725	2,2	2.187.255	1,9	2.962.325	2,6	3.783.097	3,3
TOTAL	114.062.089	100	114.062.089	100	114.062.089	100	114.062.089	100

Figura 3-1. Mapa de coberturas Bosque/No-Bosque para los años 1990-2000-2005-2010



Una vez obtenidos los resultados de las cuatro fechas, se realizó un proceso de superposición temática para generar los mapas de cambio de la cobertura del bosque en los periodos 1990-2000, 2000-2005 y 2005-2010 identificando los dos tipos posibles de cambio: áreas de deforestación y áreas de regeneración.

Los datos obtenidos identifican una superficie de pérdida de la cobertura de bosque en el periodo 1990-2000 en 2.797.569 hectáreas, es decir que aplicando una relación lineal de pérdida para los diez años de análisis, se obtiene una tasa promedio anual de pérdida de la cobertura boscosa de 279.757 hectáreas por año.

Analizando los resultados obtenidos, se encuentra que para este periodo los mayores niveles de transformación se presentan en la región amazónica con una deforestación promedio de 119.802 hectáreas por año; además que los menores niveles de pérdida de la cobertura boscosa se presentan en la región del Pacífico con 14.043 hectáreas al año en promedio como se presenta en la Tabla 3-2 y en la Figura 3-2.

Tabla 3-2. Proporción del área boscosa deforestada por regiones naturales

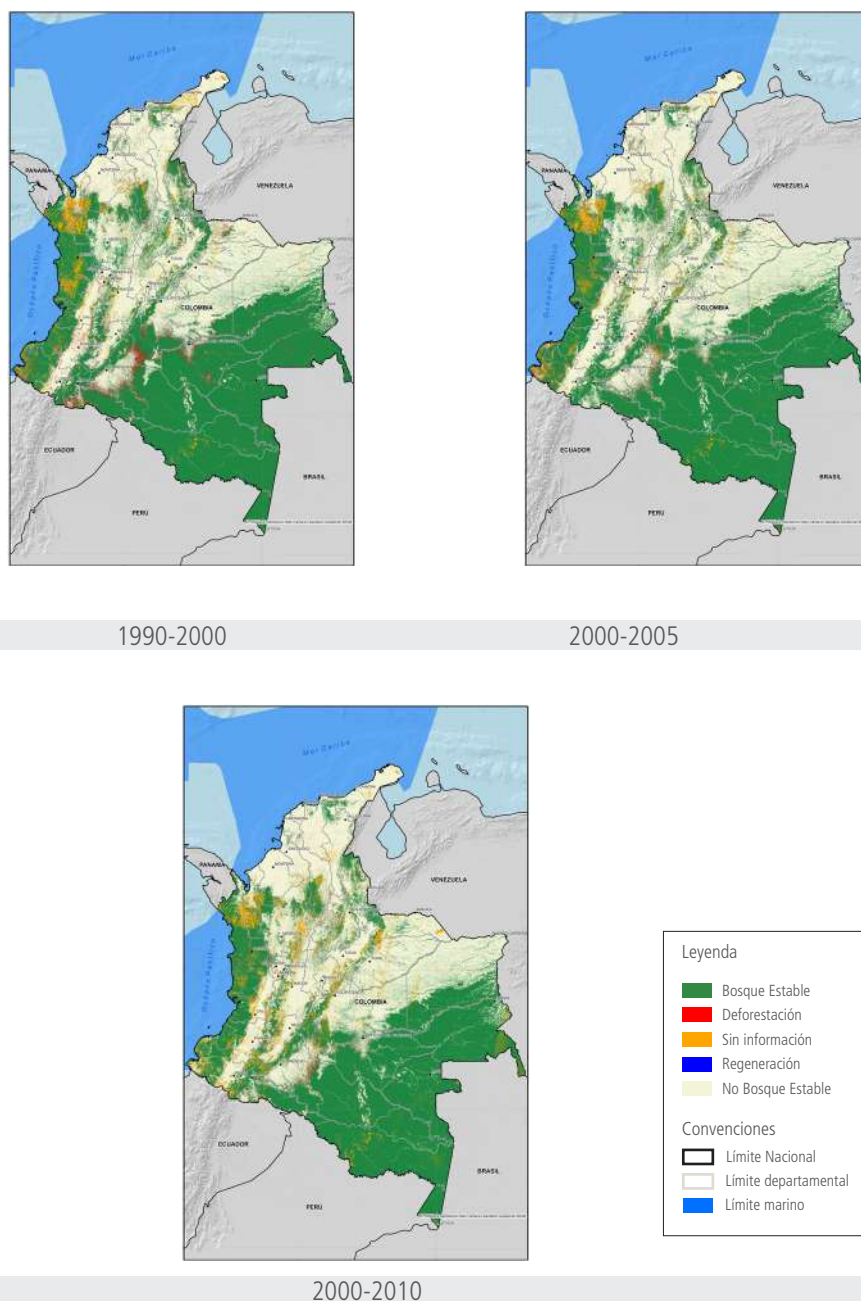
Periodo analizado	Indicador	Región					Total ⁶
		Pacífico	Orinoquia	Caribe	Andes	Amazonía	
1990-2000	Bosque 1990 (ha)	5.247.223	2.334.187	2.367.860	12.560.156	41.907.822	64.417.248
	Deforestación (ha)	140.372	240.488	342.888	876.261	1.197.560	2.797.569
	% bosque perdido	2,68	10,30	14,48	6,98	2,86	37
	deforestación promedio anual (ha)	14.037	24.049	34.289	87.626	119.756	279.757
	% bosque perdido promedio anual	0,27	1,03	1,45	0,70	0,29	3,73
2000-2005	Bosque 2000 (ha)	5.221.044	2.179.749	2.011.673	11.701.980	40.618.395	61.732.841
	Deforestación (ha)	146.209,189	143.421,0528	236.465,8321	486.264,3745	562.592,4816	1.574.953
	% bosque perdido	2,80	6,58	11,75	4,16	1,39	27
	deforestación promedio anual (ha)	29.242	28.684	47.293	97.253	112.518	314.991
	% bosque perdido promedio anual	0,56	1,32	2,35	0,83	0,28	5,34
2005-2010	Bosque 2005 (ha)	5.034.791	2.123.083	1.806.855	11.150.243	40.091.357	60.206.330
	Deforestación (ha)	110.703,7491	46.516,40376	200.016,5147	435.289,6238	398.838,2687	1.191.365
	% bosque perdido	2,20	2,19	11,07	3,90	0,99	20
	deforestación promedio anual (ha)	22.141	9.303	40.003	87.058	79.768	238.273
	% bosque perdido promedio anual	0,44	0,44	2,21	0,78	0,20	4,07

Respecto de los datos obtenidos para el periodo 2000-2005 se identificó una superficie de deforestación de 1.574.953 hectáreas, es decir, aplicando una relación lineal de pérdida para los cinco años de análisis se obtiene una tasa promedio anual de pérdida de la cobertura boscosa de 314.991 hectáreas por año.

⁶ Debido al proceso cartográfico de corte para la obtención de datos por región, los totales resultantes de sumar las cinco (5) regiones varían levemente con respecto al total reportado para todo el país presentado en el texto.

Finalmente, para el periodo 2005-2010 se encontró que la superficie de cambio total en el periodo de análisis fue de 1'191.365 hectáreas, una tasa promedio anual de pérdida de la cobertura boscosa de 238.361 hectáreas por año; concentrándose principalmente en las regiones Amazónica y Andina. En términos relativos, la región Caribe fue la que perdió una mayor proporción del área bosque en ambos periodos analizados. La Tabla 3-2 presenta la extensión de la cobertura de bosque por región y la proporción del área boscosa deforestada, así como los promedios y porcentajes anuales de pérdida de cobertura de bosque para los tres periodos de cambio analizados.

Figura 3-2. Mapa de cambio de coberturas Bosque/No-Bosque para los periodos 1990-2000; 2000-2005; 2005-2010



3.1.1.1 Análisis regional por Corporación Autónoma Regional (CAR)

El análisis del comportamiento de la extensión total de cobertura de Bosque en el territorio continental colombiano en los periodos de análisis (1990-2000-2005-2010) permite identificar que tan solo en dos de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) de la Amazonía (Corpoamazonia y CDA) se concentran más del 50% del total del Bosque remanente, indicando el papel relevante de estas autoridades ambientales en la conservación y manejo sostenible de este recurso.

Así mismo, permite identificar que las CAR con menores remanentes de cobertura de Bosque son Corpomojana y CRA, las cuales representan menos del 0.01% de la extensión total continental, una descripción detallada de esta situación para la jurisdicción de las 34 CAR analizadas se presenta en la Tabla 3-3.

Respecto de la dinámica de cambio, en el periodo acumulado se identificó que cerca del 45% del total de pérdida de cobertura boscosa se concentró en la jurisdicción de tres CAR, a saber: Corpoamazonia, Cormacarena y CDA, con el 19,9%, el 13,5% y el 13,5%, respectivamente. Es así que esta área se constituye en uno de los principales focos de deforestación activa en el país.

Un segundo núcleo importante a la luz de la jurisdicción de las CAR se concentra en las jurisdicciones de Corantioquia, CSB, CAS, Coponor, identificándose que cerca del 15% del total de pérdida de cobertura boscosa se concentró en su jurisdicción, como se identifica en la Tabla 3-3.



Fotografía izquierda: Segovia (Antioquia). Miguel Ángel Peña Hernández.

Fotografía derecha: http://wwf.panda.org/es/donde_trabajamos/iniciativas_globales/amazonia/problemas_en_la_amazonia/otras_amenazas/comercio_insostenible_de_vida_silvestre_en_la_amazonia/

Tabla 3-3: Cambios en la cobertura boscosa en la jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales para los periodos de análisis

Corporaciones	1900-2000					2000-2005					2005-2010				
	Bosque Estable	No Bosque Estable	Deforestación	Regeneración	Sin Información	Bosque Estable	No Bosque Estable	Deforestación	Regeneración	Sin Información	Bosque Estable	No Bosque Estable	Deforestación	Regeneración	Sin Información
1 Corpamag	310.852	1.936.461	46.521	4.431	23.300	283.435	1.968.169	33.364	19.214	17.383	284.265	1.976.513	21.769	395	38.501
2 CRA	12.378	305.194	12.251	20	793	6.228	317.074	4.911	112	2.311	4.280	321.772	2.266	49	2.230
3 Corpocesar	172.608	2.000.148	24.505	1.231	46.816	155.890	2.040.918	12.691	4.936	30.874	148.261	2.008.478	10.830	1.781	75.786
4 CSB	635.347	1.236.938	66.286	6.501	91.078	569.232	1.290.226	33.747	3.615	139.329	522.367	1.311.129	30.712	4.325	167.616
5 Corporor	1.000.592	974.736	126.327	27.583	65.987	918.232	1.084.473	62.486	16.160	113.874	894.643	1.135.824	39.325	8.490	116.465
6 Corpomajana	26.312	489.138	19.598	152	21.274	10.851	505.883	10.651	293	28.797	5.706	518.910	6.104	9	25.746
7 Corpourabá	690.523	770.003	50.835	5.060	381.159	687.820	825.738	11.195	33.553	339.274	708.011	840.109	23.074	6.575	319.449
8 Codechocó	3.412.441	300.114	57.241	16.644	1.004.184	3.509.101	315.165	47.580	58.132	860.645	3.576.928	389.298	75.277	7.604	740.436
9 Corantioquia	1.161.985	2.081.383	90.249	15.149	136.579	1.129.616	2.176.319	46.477	22.035	110.897	957.037	2.118.881	99.968	4.229	305.229
10 CAS	774.382	1.614.132	71.999	15.475	113.271	703.877	1.675.752	72.146	16.944	120.540	620.241	1.723.961	83.892	9.358	151.806
11 CDMB	140.311	301.075	15.292	4.196	11.556	125.183	297.767	12.605	8.645	28.230	127.444	306.884	7.781	837	29.484
12 Corpominoquia	5.305.404	11.557.000	262.995	117.779	183.773	5.178.816	11.769.178	149.478	49.406	280.072	5.105.738	11.742.863	48.445	3.948	524.610
13 Corpoboyacá	278.062	1.253.219	24.383	2.369	51.040	252.201	1.291.471	20.622	2.799	41.981	221.397	1.288.529	12.292	1.710	85.145
14 Comare	260.232	524.569	6.983	2.435	19.331	250.494	527.811	14.051	3.787	17.407	166.606	460.049	19.119	492	167.282
15 AMVA	29.077	85.404	395	200	1.000	27.273	86.127	1.793	183	700	22.577	86.513	3.778	18	3.190
16 CAR	186.470	1.420.965	14.677	8.191	74.804	164.295	1.440.341	18.777	10.318	71.375	158.053	1.428.842	11.643	3.256	102.313
17 Corpocaldas	156.139	563.948	4.527	2.974	14.039	140.496	560.362	13.615	3.841	23.313	114.163	537.696	12.134	1.353	76.281
18 GARDER	142.466	181.505	5.438	2.348	22.552	136.500	181.271	4.788	3.014	28.735	130.267	179.993	6.732	850	36.466
19 Corpochivor	78.784	199.927	12.397	4.373	14.686	65.599	213.832	10.651	1.815	18.270	46.581	211.266	8.538	781	43.000
20 Cortolima	516.623	1.668.818	53.645	19.809	137.870	467.759	1.758.784	36.017	13.972	120.234	411.938	1.715.617	21.965	4.552	242.694
21 Corpoguvio	115.413	217.934	6.449	6.039	21.016	88.594	219.658	10.478	1.048	47.073	66.719	203.666	5.557	149	90.760
22 Cornacarena	3.386.994	4.630.046	397.225	74.523	62.512	3.174.995	4.967.698	210.472	43.176	154.958	2.906.062	5.031.166	142.474	7.496	464.102
23 DAMA	5.848	153.006	517	1.186	3.456	5.915	153.319	337	1.030	3.411	6.851	153.580	171	16	3.394
24 CRQ	57.382	111.081	9.127	1.699	14.421	50.459	119.481	2.996	1.590	19.184	52.499	125.362	2.711	1.983	11.154
25 CDA	16.803.712	832.362	353.301	21.147	48.449	16.650.302	1.190.706	164.651	9.565	43.746	16.386.737	1.333.466	70.805	1.998	265.220
26 CAM	674.157	1.074.368	53.176	11.303	57.132	609.685	1.136.849	46.998	17.218	59.385	458.833	1.085.092	26.612	4.778	294.820
27 Corpomazonia	19.581.011	2.143.532	586.618	38.111	167.587	19.293.861	2.721.435	271.029	31.500	199.033	18.798.151	2.978.909	251.900	7.035	479.149
28 CVS	378.263	1.913.635	41.768	4.410	163.482	360.651	1.949.210	13.036	9.413	169.247	346.857	1.974.122	17.129	2.315	160.904
29 CARSUERE	33.021	472.015	7.040	449	3.020	22.951	478.206	8.626	442	5.322	22.007	487.445	1.684	51	4.135
30 CARDIQUE	88.198	511.670	25.227	84	3.852	52.144	535.621	29.015	550	11.702	44.172	564.911	8.859	87	10.741
31 CVC	839.886	1.023.713	44.677	16.017	167.992	845.409	1.046.600	12.935	23.447	163.892	824.450	970.373	17.342	6.369	273.585
32 CRC	1.499.896	1.247.126	150.557	22.062	135.509	1.501.383	1.389.693	22.872	12.801	128.401	1.348.421	1.318.015	48.077	5.054	335.578
33 Corporarioño	1.858.405	809.701	134.743	39.045	286.760	1.690.600	928.037	140.655	22.432	346.931	1.578.017	1.019.165	45.393	1.438	483.710
34 Corpoguajira	145.469	1.642.067	21.908	2.484	254.194	139.314	1.797.663	23.829	8.251	97.064	148.375	1.834.047	7.500	1.023	74.073

3.1.2 Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia⁷

En Colombia, la mayor parte de la deforestación actualmente se localiza en terrenos propiedad del Estado, y se da por colonización no planeada y generalmente ilegal (Etter, McAlpine, Pullar & Possingham, 2006a). Sin embargo, aún existe un gran desconocimiento de la dinámica de transformación de los bosques, y persiste la discusión en cuanto a la importancia relativa de los determinantes de la deforestación. La identificación y análisis de los agentes y de los determinantes (drivers) de la pérdida o deterioro de la cobertura boscosa, es un paso necesario para modelar y proyectar la deforestación. En Colombia, se presentan diferencias regionales en las características biofísicas que configuran patrones distintos del uso de la tierra. Por tanto, es dable pensar en diferencias en las dinámicas que determinan la deforestación a escalas subnacionales (Grau & Aide, 2008), (Etter, McAlpine, Wilson, Phinn, & Possingham, 2006b).

En el análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación (González, y otros, 2011)), desarrollado en el marco del proyecto “Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación –REDD– en Colombia”, se identificaron como principales causas directas de la transformación de los bosques colombianos la expansión de la frontera agropecuaria (incluyendo cultivos ilícitos) y de las infraestructuras (principalmente vías asociadas a la actividad minera), variables biofísicas (características de los suelos, clima, etc.), variables demográficas (crecimiento, densidad, estructura, etc.), cambio en los precios de las materias primas (*commodities*) en los mercados internacionales, el mercado laboral, las políticas agrarias y de tierras, y las tecnologías de producción. Adicionalmente, se reconocen cuatro grandes grupos de agentes importantes para el análisis de los procesos de transformación de la cobertura boscosa a nivel nacional: Agricultores, Ganaderos, Empresas mineras y Actores armados. Los comportamientos o decisiones de los diferentes grupos, pueden llegar a determinar tanto procesos de deforestación como procesos de recuperación de bosques.

En el territorio nacional, los procesos de expansión agropecuaria (lícitos y de uso ilícito), que proliferan sin control bajo el modelo económico y el ambiente sociopolítico reinante, mantienen la deforestación como la tendencia de uso dominante. La falta de mecanismos políticos adecuados permite a los grandes terratenientes mantener y expandir su control sobre el territorio, fenómeno que generalmente está asociado a prácticas violentas e ineficientes de uso de la tierra que convierten grandes zonas de bosque en pastizales con una baja densidad de animales o en sistemas agrícolas poco productivos (Grau & Aide, 2008). Simultáneamente, los pequeños agricultores, desplazados y con un mínimo apoyo estatal, se ven obligados a ampliar la frontera agropecuaria o a migrar a las zonas urbanas, lo que en algunos casos genera procesos de recuperación de la cobertura boscosa en las tierras abandonadas.

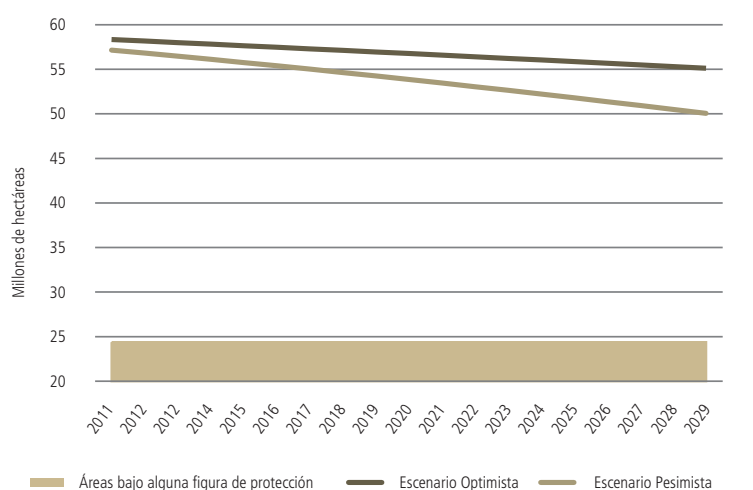
Se elaboraron escenarios potenciales del comportamiento futuro de la deforestación a partir de los datos observados para los periodos 1990, 2000, 2005 y 2010, para cada una de las regiones de deforestación en las que se dividió el país (Amazonía, Orinoquía, Andes, Caribe, Pacífica). Estos escenarios se generaron utilizando un modelo tipo logístico (función sigmoidal), el cual permite simular una curva de comportamiento del fenómeno parametrizada a partir de los datos observados. Aunque los datos históricos muestran una clara tendencia general de disminución de la cobertura de bosque durante todo el periodo conocido (1990-2010), que se refleja en la tasa de cambio calculada para la escala nacional, también pueden observarse diferencias en el comportamiento histórico del cambio a escala regional. En todos los periodos analizados, las tasas más altas se presentaron en las regiones Caribe y Andina, y las más bajas en las regiones Amazónica y Pacífico.

⁷ González, J. J., Etter, A. A., Sarmiento, A. H., Orrego, S. A., Ramírez, C., Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M. C., Ordóñez, M. F. 2011. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá, D. C., Colombia. 64 p.

La muestra el consolidado del área de bosque nacional simulada para el periodo 2010-2030 utilizando los escenarios Pesimista y Optimista generados a partir de la modelación mediante regresión logística para cada una de las regiones de deforestación definidas. El modelo tiene en cuenta las áreas de bosque (áreas en verde de la gráfica) que por política de estado presentan una restricción para su aprovechamiento (Parques Nacionales Naturales, reservas de las CAR y resguardos). Figura 3-3.

Las gráficas de la Figura 3-3. muestran cómo se comportaría el área de bosque si se asume que el total de las áreas protegidas permanecerían sin ser aprovechadas y si las zonas de resguardos serán o no aprovechadas en su totalidad. Mientras que en los escenarios optimistas no se espera que cambie significativamente el área de bosque en el año 2030 (alrededor de 55 millones de hectáreas), en los pesimistas se proyecta la disminución de alrededor de 1.3 millones de hectáreas más (para un total de 8.6 millones de hectáreas) si no se garantiza la conservación del total del bosque ubicado en resguardos.

Figura 3-3. Simulación del área de bosque nacional (2010-2030) utilizando un modelo logístico



Nota: a) Alternativa en la que todas las zonas protegidas (parques nacionales y reservas de las CAR) y áreas de resguardos no son explotadas. b) Alternativa en la que todas las zonas protegidas (parques nacionales y reservas de las CAR) y solo el 50% del bosque en las áreas de resguardos no son explotadas.

3.1.3 Identificación de los *hotspots* de deforestación en Colombia⁸

(Autores: Edersson Cabrera, Diana Marcela Vargas, Gustavo Galindo, María Claudia García Dávila y María Fernanda Ordóñez Castro)

Los procesos de deforestación frecuentemente ocurren en áreas agrupadas, generalmente asociados a los sitios donde se concentran los asentamientos humanos y sus sistemas de producción de la Tierra (Etter, Calpin, Phinn, Pullar & Possingham, 2006).

Así mismo los bosques tropicales son de los ecosistemas naturales con mayores presiones de transformación (Achard y otros, 2002), debido, entre otros factores, a la expansión de la frontera agrícola, la tala planeada, el establecimiento de plantaciones comerciales, la minería, urbanización y la generación de obras de infraestructura ((Geist & Lambin, 2002)). En este sentido, para realizar una adecuada evaluación de la cobertura boscosa tropical en una determinada región, deben resolverse

⁸ Cabrera E., Vargas D. M., Galindo G. García, M.C., Ordóñez, M.F. 2011. Identificación de los *hotspots* de Deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá, D. C., Colombia. 24 p. Este trabajo fue financiado por la Fundación Gordon y Betty Moore, proyecto "Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) en Colombia", Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), Fundación Natura.

mínimo tres interrogantes: i) ¿Cuál es la distribución de este tipo de cobertura?, ii) ¿Cuál es su extensión?, iii) ¿Cuál ha sido su magnitud de cambio? (Mayaux, Holmgren, Achard & Eva, 2005).

El concepto de puntos calientes de deforestación o *hotspots* reúne estas preguntas y tradicionalmente ha sido utilizado como un “sustituto” para identificar las áreas prioritarias en donde se deben adelantar acciones de conservación o manejo sostenible de los bosques naturales.

En el contexto tropical esta situación ha sido ampliamente analizada, y algunos de los países tropicales han efectuado importantes esfuerzos para su identificación, p.e. el Servicio Forestal de la India desde hace más de una década mapea bienalmente la superficie boscosa a través del procesamiento digital de imágenes de mediana y alta resolución; de igual forma Brasil a través del Instituto de Investigaciones del Espacio (INPE), que hace las veces de Agencia Espacial, lleva cerca de veinte años generando información espacialmente explícita sobre las tasas de deforestación de la Amazonía legal brasileña (Mayaux, Holmgren, Achard & Eva, 2005).

Por otro lado, para esta misma región, Lepers y colaboradores en (2005) concluyeron que en el periodo 1981 a 2000 se presentó una mayor proporción de pérdida de cobertura boscosa que otras regiones del mundo, focalizándose principalmente en la cuenca del Amazonas, el sudeste asiático y la cuenca del Congo, ubicación que se convierten entonces en puntos con procesos de deforestación activa comúnmente denominados como “*hotspots*” de deforestación (Figura 3-4). La metodología de identificación consistió en acopiar 49 distintos conjuntos de datos sobre cobertura de bosque a nivel global para el periodo de referencia. Realizando un análisis temporal de cambios se establece un umbral de cambio para identificar los *hotspots* como aquellas con más de 4% de cambio anual.

Estos datos son aún más importantes cuando la deforestación del bosque tropical ha sido identificada como uno de motores de la dinámica del carbono y por ende del cambio climático global (Fearnside & Laurance, 2004; Houghton, 2005; IPCC, 2007).

Estos *hotspots* se localizan principalmente en las fronteras de las áreas de colonización, las cuales por definición presentan una alta dinámica, y por lo cual su manejo es prioritario para la conservación de los bosques naturales remanentes y su biodiversidad asociada, aun mas cuando en general son estas mismas áreas las que contienen gran parte del potencial de biodiversidad en el país (Etter, McAlpine, Pullar & Possingham, 2006a).

En el caso colombiano, mientras que las tasas de conversión de bosques a otras coberturas de la Tierra vienen aumentando sostenidamente desde la década de los 90 (Armenteras & otros, 2006; Cabrera & Ramírez, 2007), son pocos los estudios que han generado coberturas completas a nivel nacional en escalas semidetalladas, lo cual impide una adecuada contabilización de los cambios en la cobertura de la Tierra.

De acuerdo con lo anterior, es prioritario identificar donde se ubican las mayores y más persistentes áreas de cambio de la cobertura de bosque en el país. Esta información permitirá realizar análisis complementarios que permitan determinar procesos de degradación y/o perturbación de los bosques y sus impactos sobre su biodiversidad asociada. En general, se han preferido métodos basados en criterios de experto para realizar la identificación de los *hotspots* de deforestación (Achard, Eva, Glinni, Richards, Mayaux & Stibig, 1998), identificando subjetivamente estas áreas como aquellas donde recientemente ocurrió deforestación, o donde se espera ocurra próximamente (Sánchez-Azofeifa, Skole & Chomentowski, 1998). Esta situación plantea que los datos obtenidos no puedan ser usados como un indicador a nivel regional por razones de escala y metodologías empleadas (Laake & Sánchez-Azofeifa, 2004), y es necesario implementar métodos precisos para detectar y cuantificar los *hotspots* y utilizar esta información para modelar la dinámica del cambio en la cobertura boscosa.

El presente documento realizado en el marco del Proyecto “Capacidad institucional, técnica y científica para apoyar proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) en Colombia”, identifica los *hotspots* de deforestación a través de una metodología objetiva y replicable, permitiendo separar el análisis de la magnitud de cambio de la deforestación como apoyo a la gestión y conservación de los bosques naturales en el país⁹.

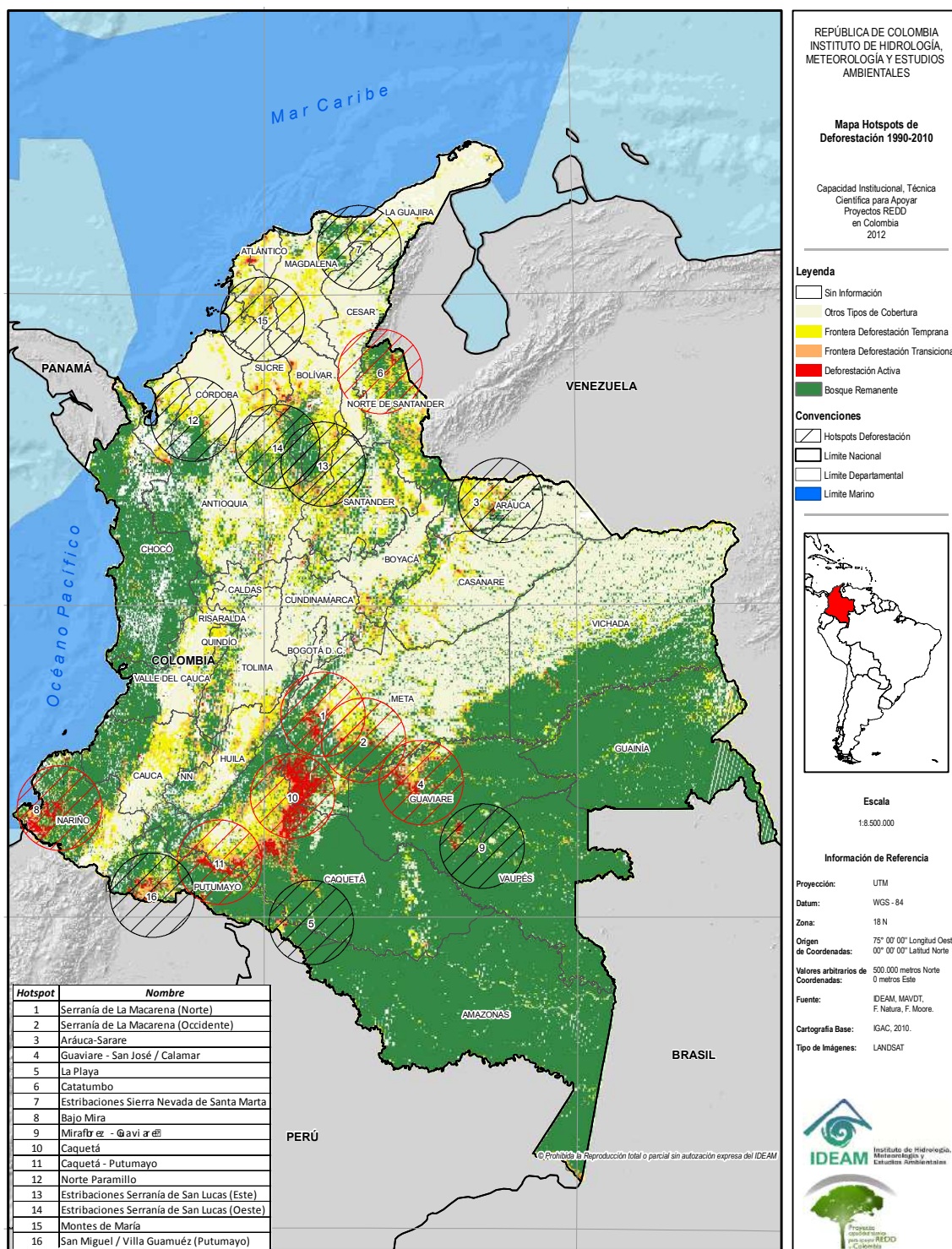
Se aplicó una metodología semi-automatizada con ajustes a criterio de intérprete para la generación de los mapas de cobertura Bosque/No Bosque y la identificación del cambio de la cobertura de Bosque a otras coberturas de la Tierra. Como resultado se generaron 63 mapas de coberturas Bosque/No Bosque para las 63 escenas Landsat de Colombia, para cada periodo de tiempo analizado. Con estos resultados se generaron los mapas de cambio en las coberturas de Bosque/No Bosque a través de un proceso de superposición temática para obtener la superficie de cambio de la cobertura de bosque en los periodos 1990-2000 y 2000-2005 para el territorio continental colombiano, identificando las áreas de cambio posibles.

La identificación de las transiciones de la cobertura de Bosque en el periodo de análisis permite tener una primera aproximación de la dinámica de esta cobertura en el territorio continental colombiano en el periodo de análisis 1990-2010.

La Figura 3-4, presenta la tipología de cambio de la cobertura de bosque en el periodo de análisis, principalmente se puede identificar la distribución de las áreas de Bosque Maduro remanentes en el país (tonalidad verde), las áreas que se han mantenido con otras coberturas de la Tierra diferentes a bosque (tonalidad amarillo claro) que corresponden a aquellos píxeles que mantuvieron su cobertura de Bosque en los cuatro periodos de análisis.

⁹ En este sentido, en el marco del proyecto REDD se realizó un ejercicio de cuantificación de la deforestación a nivel nacional (escala fina) utilizando imágenes de sensores remotos de media resolución espacial para los periodos 1990, 2000, 2005 y 2010. En específico, se usaron imágenes Landsat (TM y ETM+) con resolución espacial de 30 m como el insumo fundamental de teledetección para la generación de información sobre deforestación histórica.

Se aplicó una metodología semiautomatizada con ajustes a criterio de intérprete para la generación de los mapas de cobertura Bosque/No Bosque y la identificación del cambio de la cobertura de Bosque a otras coberturas de la Tierra. Como resultado se generaron 63 mapas de coberturas Bosque/No Bosque para las 63 escenas Landsat de Colombia, para cada periodo de tiempo analizado. Con estos resultados se generaron los mapas de cambio en las coberturas de Bosque/No Bosque a través de un proceso de superposición temática para obtener la superficie de cambio de la cobertura de bosque en los periodos 1990-2000 y 2000-2005 para el territorio continental colombiano, identificando las áreas de cambio posibles.

Figura 3-4. Mapa *hotspots* de deforestación 1990-2010

Así mismo, este mapa permite identificar las principales áreas de cambio de la cobertura boscosa (deforestación/regeneración), identificándose p.e. que la deforestación temprana (1990-2010, en tonalidad naranja) se dio principalmente en los límites de los departamentos del Meta y Caquetá, el sur del pacífico nariñense (municipio de Tumaco), departamento del Guaviare (inmediaciones de San José del Guaviare) y el occidente del departamento de Putumayo cerca de la frontera con Ecuador. Igualmente, se puede apreciar las áreas de deforestación reciente (tonalidad roja). Esta información en su conjunto permite localizar fácilmente los focos de deforestación activa (temprana, intermedia y reciente) o los denominados *hotspots* de deforestación.

De igual forma se puede apreciar la escasa cobertura de Bosque remanente en la Región Caribe y algunos sectores de la Orinoquía, como se presenta en la Figura 3-4. Esta figura, también contrasta la información generada por el Proyecto “Capacidad institucional, técnica y científica para apoyar proyectos de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD) en Colombia” con la información de los *hotspots* de deforestación mundial generada por Achard y colaboradores en 2002, donde se identificaron para el país 5 *hotspots* de deforestación a saber: i) Noroccidente de la Amazonía colombiana (límites de los departamentos de Meta, Caquetá y Putumayo), ii) Corredor San José del Guaviare-Calamar, iii) Pacífico nariñense, iv) Norte del Pacífico colombiano y, v) Serranía de San Lucas. En general se aprecia una muy buena concordancia de los resultados nacionales con los globales, sin embargo gracias a la mejora en la resolución espacial de los insumos utilizados se logra una mejor delimitación de las áreas de deforestación activa, precisando espacialmente las fronteras actuales de los 16 “*hotspots*” de identificados para Colombia en el periodo 1990-2010, a saber:

- Noroccidente de la Serranía de la Macarena (departamento del Meta).
- Suroriente de Serranía de la Macarena (departamento del Meta).
- Sarare -Bosques Inundables- (departamento de Arauca).
- San José del Guaviare - Calamar (departamento del Guaviare).
- Inmediaciones del PNN La Paya (departamento de Putumayo).
- Catatumbo (departamento de Norte de Santander).
- Estribaciones Sierra Nevada de Santa Marta (departamentos de Magdalena, Cesar y La Guajira).
- Bajo Mira (departamento de Nariño).
- Miraflores (departamento de Guaviare).
- Límites entre los departamentos de Caquetá y Meta.
- Límites occidental entre los departamentos de Caquetá y Putumayo.
- Estribaciones Norte de Paramillo (departamento de Córdoba).
- Estribaciones occidentales de la Serranía de San Lucas (departamentos de Antioquia y Bolívar).
- Estribaciones surorientales de la Serranía de San Lucas (departamentos de Antioquia y Santander).
- Montes de María (departamentos de Sucre y Bolívar).
- San Miguel - Valle Guamuez (departamento del Putumayo).

3.2 Avances en los estudios sobre los factores de cambio en la cobertura boscosa de la Amazonía colombiana. Poblamiento y dinámicas de movilidad y crecimiento económico

(Autores: Henry Castellanos Quiroz, Uriel Gonzalo Murcia García, Carlos Hernando Rodríguez, Dairon Cárdenas López, Juan Sebastián Barreto Silva, Elizabeth Riaño Umbarila y Carlos Ariel Salazar Cardona - Instituto Sinchi)

Los cambios que se perciben en la cobertura boscosa en el territorio, son la expresión de dinámicas sociales, económicas y ambientales altamente complejas, cuyo estudio es esencial para proponer acciones de Estado. En esta segunda parte del capítulo sobre deforestación nacional, se expondrán los resultados de los mejoramientos en la escala de evaluación de coberturas de la Amazonía, que dada su importancia por la magnitud territorial se expone de forma independiente.

En el Informe del Estado de los Recursos Naturales 2010, el Instituto Sinchi propuso un esquema de análisis basado en el seguimiento de los cambios de los fragmentos de territorio Amazónico. Esquema que ha permitido asociar las evaluaciones socio económicas de las diferentes causas (presiones) que forzaban tales cambios en las coberturas.

Como un aporte al análisis de las causas de la deforestación Amazónica, se incluyen los resultados de dos estudios sobre el Sistema de asentamientos humanos y jerarquía urbana y el consumo de energía eléctrica en la Región Amazónica Colombiana que sugieren cambios en la forma de evaluar esta región del país.

La Amazonía no es ya una región naturalmente protegida, es una región que se integra al resto del país de manera singular y con una velocidad que se puede contar en años, ya no en siglos ni en décadas como anteriormente se creía. Los Elementos de cambio en la Amazonía, que se presentan en esta segunda sección del capítulo del informe del estado de los recursos naturales 2011, son validos para muchos de los territorios de otras regiones del país y fundamentales para el diseño y desarrollo de las políticas relacionadas con la protección y conservación a escala nacional. La protección y conservación es uno de los elementos más importantes que determinará las decisiones sobre el ordenamiento del territorio.

3.2.1 Análisis de cambios de coberturas en la Amazonía colombiana

(Autores: Henry Castellanos Quiroz, Uriel Gonzalo Murcia García, Carlos Hernando Rodríguez - Instituto Sinchi)

El Instituto Sinchi viene adelantando un proceso encaminado a la consolidación de un programa de seguimiento al estado de los ecosistemas y del ambiente de la Amazonía colombiana, generando entre otros, información sobre coberturas de la tierra, insumo para el cálculo de los indicadores de deforestación, praderización y degradación cuyos resultados están disponibles en publicaciones del Instituto Sinchi, en el portal del Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana SIAT-AC (<http://siatac.siac.net.co>) y publicados en el Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010 (IAvH, IDEAM, IIAP, Invemar, Sinchi, 2011).

A partir de la información de coberturas de la tierra e investigaciones adicionales se han podido realizar los siguientes análisis sobre la situación y dinámicas de los bosques Amazónicos.

Recuadro 3-1. Fragmentación de bosques. Aspectos metodológicos

Un aspecto relevante en los cambios de coberturas de la tierra en la Amazonía está relacionado con la fragmentación de hábitats naturales. Los procesos de deforestación y posterior praderización están afectando la continuidad de los bosques nativos, y generando patrones espaciales de bosques perforados, fragmentados y un incremento de los relictos boscosos aislados dentro de matrices de pastos.

Ante esta situación el Instituto Sinchi realizó el análisis del estado de las coberturas naturales, principalmente los bosques, en cuanto a los niveles de fragmentación en dos momentos: 2002 y 2007; los datos fuente corresponden a la información de los mapas de coberturas de la tierra de toda la Amazonía (483.164 km²), a escala 1:100.000. Esta propuesta incluye una conceptualización, la metodología para diseñar el algoritmo y seleccionar las variables que mejor discriminan la fragmentación. En apoyo del modelamiento de datos y garantizando su replicación, se desarrolló un protocolo con los pasos a seguir:

Se adaptó un índice de calidad de fragmentos (ICF), y fueron seleccionadas las variables que lo conforman, según las características de las coberturas de la Amazonía.

El ICF es:

$$ICF = ((EDCON * 5) + (ED * 4) + (FRAC * 3) + (CORE * 2) + (NN:MIN * 1)) / 15$$

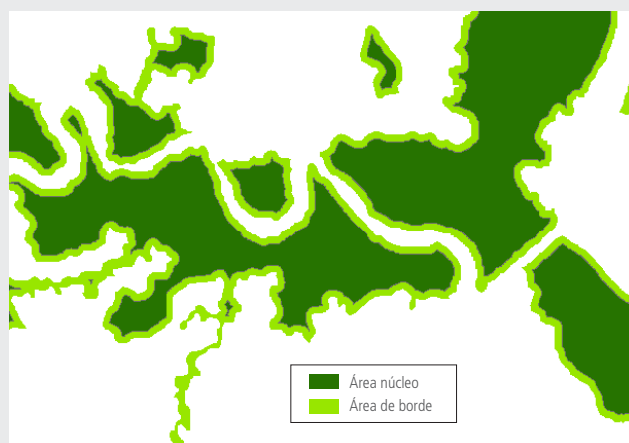
Contraste de borde (EDCON): Mide el grado de afectación de la riqueza de especies de un fragmento por los diferentes tipos de fragmentos que lo rodean (pastos limpios, mosaicos de cultivos, plantaciones, etc. (McGarigal, K., Cushman, M., Neel, C. & Ene, E., 2002).

Borde (ED): corresponde a la longitud del perímetro (m) de cada fragmento.

Índice de dimensión fractal (FRAC): describe una relación invariable en la escala de observación, entre el perímetro y la superficie de un objeto como lo indica la expresión (Mandelbrot, 1977), con valores entre 1 y 2; valores cercanos a uno indican formas geométricas sencillas; los valores cercanos a 2 evidencian formas más complejas (Francois, J., & Sandoval, C., 2000).

A) Área núcleo (CORE): Área del fragmento en hectáreas, que se mide como la distancia específica del borde al núcleo del fragmento. Área núcleo reflejan tanto composición y configuración del paisaje. Para este estudio se tomó como umbral del área núcleo un buffer de 100 m a partir del borde de los fragmentos (Figura 3-5).

Figura 3-5. Acercamiento en la capa de área de núcleo (sección de la capa del periodo 2002)



B) Distancia mínima al fragmento más cercano (NN_MIN): Esta variable mide el aislamiento de los fragmentos. La distancia media al vecino más próximo es el promedio de estas distancias en metros para las clases individuales, midiendo desde los bordes de cada fragmento.

Después de calcular el ICF se hace una agrupación que permite clasificarlos según el grado de fragmentación que los caracteriza, de acuerdo a los valores de la Tabla 3-4.

Tabla 3-4. Clasificación índice de calidad del fragmento

Rango	Color	Clasificación
> 4,5		Fragmentación muy alta
3,51-4,5		Fragmentación alta
2,51-3,5		Fragmentación media
2,01-2,5		Fragmentación baja
≤ 2		Fragmentación muy baja

Fragmentación muy alta: Estos polígonos tienen alta probabilidad de desaparecer por completo en los próximos cinco años.

Fragmentación alta: Los polígonos clasificados así tienen alta probabilidad de división en relictos remanentes y una alta probabilidad de desaparecer en un periodo mayor de cinco años.

Fragmentación media: Los polígonos tienen alta probabilidad de división en relictos remanentes.

Fragmentación baja: son polígonos que representan grandes matrices de coberturas naturales que están siendo presionadas por áreas transformadas que originan divisiones pequeñas del fragmento en las zonas de borde, afectando el área y forma de las matrices de las coberturas naturales.

Fragmentación muy baja: Los polígonos clasificados bajo esta categoría corresponden a grandes matrices de coberturas naturales estables, que no están bajo una fuerte presión de las áreas transformadas, siendo estables sus características de área y forma.

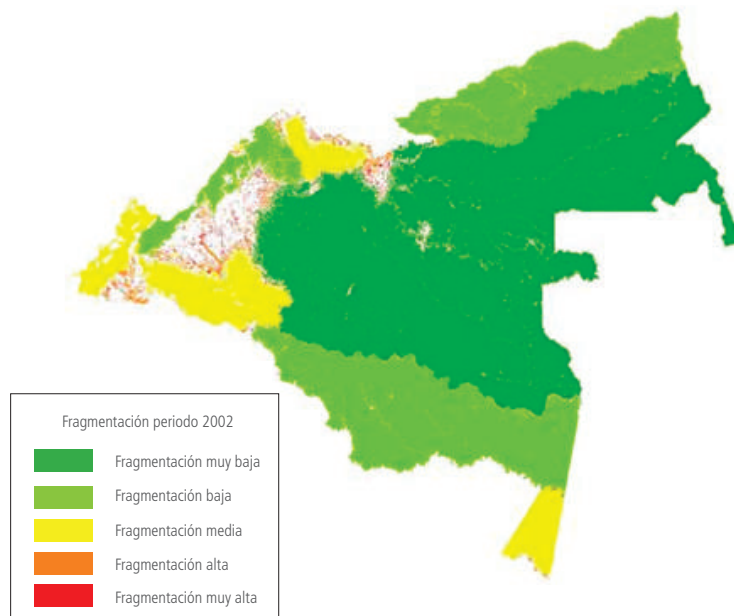
3.2.1.1 Resultados de fragmentación

En el periodo 2002 se detectaron 3.659 fragmentos (Tabla 3-5) y (Figura 3-6), en el periodo 2007 pasaron a 4.441 fragmentos (Figura 3-7), equivale a 782 nuevos fragmentos en cinco años, concentrados en los departamentos de Cauca, Nariño, Meta, Guaviare, Caquetá y Putumayo, en el sector del frente de colonización. El fragmento con mayor área tenía, en el 2002, 25.117.90 hectáreas, y para el 2007 su área era de 24.722.200 hectáreas, disminuyendo su tamaño en 395.700. En promedio un fragmento se puede dividir en 20 porciones más pequeñas durante este periodo de tiempo.

El mayor número de parches en el periodo 2002 estaban clasificados como fragmentación alta, y en el 2007, el mayor número eran de fragmentación muy alta (Tabla 3-5) esto demuestra que las dinámicas de colonización están ejerciendo fuerte presión, afectando hábitats y parches de vegetación, provocando mayor riesgo de desaparición de fragmentos.

En los dos periodos se presentan 10 fragmentos sin presencia de área núcleo. Con respecto a la distancia al fragmento más cercano, en el 2002 la mayor era de 20 km, y en el 2007 era de 6 km, esta diferencia indica que desaparecieron los fragmentos con mayores distancias entre sí; siendo reemplazados por coberturas antrópicas tipo pastizales.

Figura 3-6. Mapa de fragmentación en el año 2002



El fragmento con mayor división fue la gran matriz de bosque que se localiza entre los departamentos de Caquetá, Amazonas y Vaupés, que ha sido altamente presionado en el sector noroeste, generando 2.012 nuevos fragmentos entre los dos periodos.

Figura 3-7. Mapa de fragmentación en el año 2007

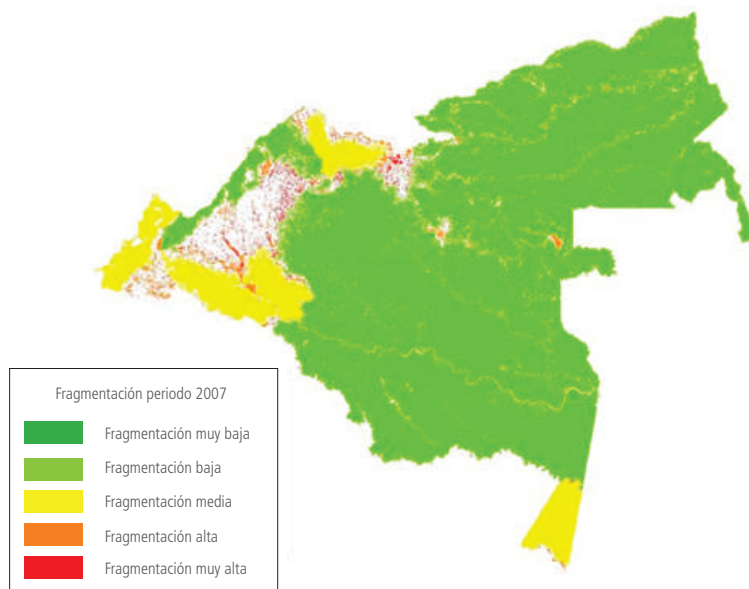


Tabla 3-5: Número de fragmentos por categoría

Categoría	2002	2007
Fragmentación muy baja	1	0
Fragmentación baja	3	4
Fragmentación media	28	18
Fragmentación alta	1.914	1.897
Fragmentación muy alta	1.713	2.522

A partir de la clasificación del indicador de estado de los fragmentos, se detectó un aumento en las áreas muy susceptibles a la fragmentación, pasando de 206.180,5 hectáreas, en 2002 a 332.697,6 en 2007; la diferencia total entre los dos periodos de 590.345,9, son los fragmentos que se perdieron (Tabla 3-6).

Tabla 3-6. Área (ha) por categoría de fragmentación

Categoría	2002	2007
Fragmentación muy alta	206.180,5	332.697,6
Fragmentación alta	623.294,4	630.678,9
Fragmentación media	4.280.061,3	4.085.892,3
Fragmentación baja	13.362.137,4	37.930.859,5
Fragmentación muy baja	25.098.800,7	0,0
Total	43.570.474,3	42.980.128,3

El proceso de ocupación de los ecosistemas boscosos amazónicos para instalar actividades ganaderas y de cultivos de uso ilícito, están generando un proceso de fragmentación de las coberturas naturales, principalmente los bosques; en este sentido, entre el 2002 y el 2007 se perdieron 828 fragmentos, los cuales estaban en la categoría de muy alta fragmentación. Esto significa que los parches de bosques, caracterizados por estar aislados y con poca superficie, tienen una alta probabilidad de perderse y ser reemplazados por coberturas antrópicas.

Es preciso adelantar trabajos que permitan identificar, ubicar y hacer gestión sobre los parches de bosques, para recuperar servicios ecosistémicos que benefician a la población local.

3.2.1.2 Cambios en coberturas: frontera agropecuaria y áreas urbanas

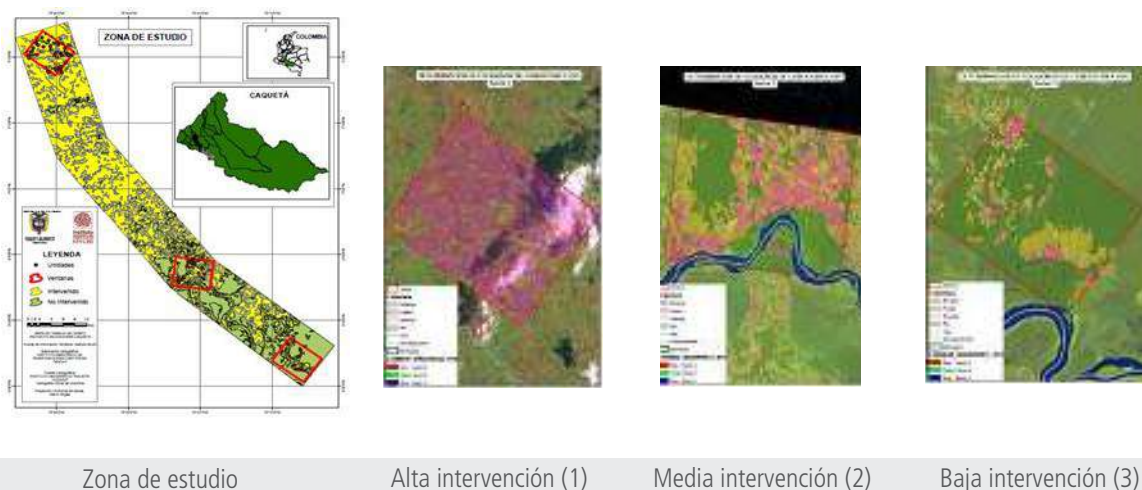
El análisis de la dinámica de las coberturas requiere, además de conocer cambios espacio-temporales entre coberturas, conocer la transformación de composición y estructura de algunas coberturas como los bosques. Esta aproximación apoya los análisis de cambio de uso de la tierra, impactos ambientales de los procesos de ocupación del territorio, y en cuanto a los ecosistemas, este tipo de información aporta de manera sólida en la generación de una línea base sobre las características de los disturbios ligados a la intervención del bosque amazónico en el llamado anillo de poblamiento, necesaria en el establecimiento de estrategias para su restauración.

La generación de información sobre la composición y estructura de las áreas disturbadas y sus sistemas de referencia está definida como una acción específica del Plan Nacional de Restauración (PNR) y como una responsabilidad directa de los Institutos de Investigación. A su vez las iniciativas contempladas en el marco del desarrollo del PNR están incorporadas en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 como una estrategia frente a las propuestas del actual gobierno de considerar la biodiversidad como parte del desarrollo sectorial, debido a que los sectores económicos: infraestructura, el agro, la vivienda, la innovación y la minería, están directamente relacionados con los motores de pérdida y transformación de los ecosistemas.

En esta vía y como una contribución al entendimiento de los posibles cambios que ocurren en la composición y estructura de las coberturas de bosque, rastrojo y pasturas en relación con el nivel de consolidación de la intervención, se desarrolló un muestreo intensivo de las tres coberturas, en tres ventanas de trabajo de 8x10 km², ubicadas en tres niveles diferentes de consolidación de la intervención, determinados a nivel espacial a partir de la relación bosque/pasto.

El objetivo era buscar respuestas a las siguientes preguntas de investigación: i) ¿El bosque alto denso heterogéneo ubicado en la unidad de lomerío del área intervenida del Caquetá y los rastrojos asociados sufren cambios en su composición y estructura a medida que la intervención antrópica se intensifica? ii) ¿Cuáles son los cambios en la composición florística de las pasturas establecidas en el relieve de lomerío en el área intervenida del Caquetá a medida que ellas se degradan? La zona de estudio y la ubicación de las ventanas de análisis se presentan en la (Figura 3-8).

Figura 3-8: Ubicación de la zona de trabajo y detalle de las ventanas según niveles de intervención



Coberturas boscosas: Se evaluaron 26 parcelas de 0.1 ha., se registraron 2092 individuos de 540 especies, agrupadas en 197 géneros y 59 familias. En el nivel de intervención alto, las familias que registraron un mayor número de especies fueron: Lauraceae con 30 especies, Sapotaceae (26), Moraceae (19), Myristicaceae; en el nivel de intervención medio, las familias que registraron el mayor número de especies fueron: Moraceae con 17 especies, Lauraceae (16), Burseraceae (13) y Mimosaceae (12) y en el nivel de intervención antrópica baja, las familias que presentaron un mayor número de especies fueron: Lauraceae (20 especies), Sapotaceae (20), Mimosaceae (19) y Moraceae (17).

La especie *Oenocarpus bataua* Mart y *Pseudosenefeldera inclinata* (Müll.Arg.) presentan el mayor valor de importancia en el nivel de intervención alto; *Oenocarpus bataua* Mart, *Iriartea deltoidea* (Ruiz & Pav), *Virola calophylla* (Spruce) Warb, en el nivel de intervención medio y *Oenocarpus bataua* Mart, *Virola calophylla* (Spruce) Warb en el nivel de intervención bajo. No se encontraron diferencias en cuanto a la forma como se agrupan los individuos, según la clase diamétrica (Tabla 3-7, Tabla 3-8 y Tabla 3-9).

Tabla 3-7. Índices de riqueza y abundancia para las especies del nivel de alta consolidación de la intervención

Familia	Nombre científico	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia relativa (%)	I.v.i.
Arecaceae	<i>Oenocarpus bataua</i> (Mart.)	24	3,59	75	1,28	1,30	3,32	8,19
Euphorbiaceae	<i>Pseudosenefeldera inclinata</i> (Müll.Arg.) Esser	22	3,29	62,5	1,06	0,56	1,43	5,78
Mimosaceae	<i>Parkia nitida</i> Miq.	4	0,60	12,5	0,21	1,70	4,35	5,16
Myristicaceae	<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	18	2,69	50	0,85	0,51	1,30	4,85
Myristicaceae	<i>Iryanthera crassifolia</i> A.C. Sm.	6	0,90	50	0,85	1,09	2,79	4,54
Cecropiaceae	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	10	1,49	50	0,85	0,83	2,12	4,47
Burseraceae	<i>Trattinnickia laurifolia</i>	1	0,15	12,5	0,21	1,37	3,50	3,87
Mimosaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	2	0,30	12,5	0,21	1,27	3,25	3,76
Burseraceae	<i>Protium nodulosum</i> Swart cf.	9	1,35	75	1,28	0,44	1,13	3,75
Myristicaceae	<i>Virola</i> cf. <i>pavonis</i> (A.DC.) A.C.Sm.	9	1,35	75	1,28	0,40	1,02	3,64

Tabla 3-8. Índices de riqueza y abundancia para las especies del nivel de media consolidación de la intervención

Familia	Nombre científico	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia relativa (%)	I.v.i.
Arecaceae	<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	32	5,98	63	1,75	1,23	4,52	12,25
Arecaceae	<i>Iriartea deltoidea</i> (Ruiz & Pav.)	30	5,61	75	2,10	1,08	3,97	11,68
Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb	27	5,05	88	2,45	0,73	2,68	10,18
Burseraceae	<i>Trattinnickia glaziovii</i>	7	1,31	38	1,05	1,55	5,70	8,06
Mimosaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	4	0,75	38	1,05	1,61	5,92	7,72
Lecythidaceae	<i>Eschweilera chartaceifolia</i>	14	2,62	25	0,70	1,01	3,71	7,03
Myristicaceae	<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	19	3,55	50	1,40	0,46	1,69	6,64
Moraceae	<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F.Macbr.	11	2,06	63	1,75	0,60	2,21	6,01
Lecythidaceae	<i>Gustavia hexapetala</i> (Aubl.) Sm.	7	1,31	50	1,40	0,69	2,54	5,24
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	8	1,50	50	1,40	0,52	1,91	4,81

Tabla 3-9. Índices de riqueza y abundancia para las especies del nivel de baja consolidación de la intervención

Familia	Nombre científico	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia relativa (%)	I.v.i.
Arecaceae	<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	83	9,32	100	2,28	3,21	7,55	19,14
Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.	29	3,25	54,54	1,24	0,80	1,88	6,38
Lauraceae	<i>Ocotea rhodophylla</i> Vicentini	16	1,80	36,36	0,83	1,39	3,27	5,89
Mimosaceae	<i>Cedrelinga cate-niformis</i> (Ducke) Ducke	5	0,56	36,36	0,83	1,76	4,14	5,53
Humiriaceae	<i>Vantanea parviflora</i>	15	1,68	54,54	1,24	0,99	2,33	5,25
Burseraceae	<i>Protium amazonicum</i>	20	2,24	54,54	1,24	0,61	1,43	4,92
Myristicaceae	<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	15	1,68	54,54	1,24	0,70	1,65	4,57
Myristicaceae	<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	19	2,13	45,45	1,04	0,57	1,34	4,51
Myristicaceae	<i>Virola pavanis</i> (A.DC.) A.C.Sm.	18	2,02	36,36	0,83	0,65	1,53	4,38
Moraceae	<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	13	1,46	63,63	1,45	0,53	1,25	4,15

Se encontraron diferencias significativas en los índices de riqueza, Shannon y Simpson para nivel de intervención 1 comparado con los niveles 2 y 3. El análisis de Shannon por nivel de intervención (alto, medio y bajo) presentó un valor de 3.88 ± 0.19 , 3.4 ± 0.26 y 3.49 ± 0.24 respectivamente, el análisis de Simpson presentó valores de 1.02 ± 0.007 , 1.05 ± 0.02 y 1.04 ± 0.01 ; el índice de Pielouno presentó diferencias significativas entre los niveles de intervención reportándose los siguiente valores: 0.95 ± 0.01 , 0.921 ± 0.03 y 0.929 ± 0.03 .

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede establecer que el bosque alto denso heterogéneo ubicado en la unidad de lomerío sufre alteraciones moderadas en su composición y estructura cuando la intervención se encuentra consolidada. Estas alteraciones requieren ser observadas cuando se pretendan establecer procesos de restauración, recuperación o rehabilitación.

Cobertura de rastrojo. Se evaluaron 22 parcelas en áreas con edades entre los 10 y los 30 años, distribuidas en los tres niveles de intervención. Se encontraron 1376 individuos, pertenecientes a 308 especies y 50 familias. Las familias predominantes de acuerdo con el número de individuos fueron: Melastomataceae con 205 individuos, Mimosaceae con 153, Clusiaceae y Euphorbiaceae con 102, Annonaceae con 81, Cecropiaceae con 71, Flacourtiaceae con 68, Bignoniaceae con 66, Araliaceae con 63, Bombacaceae con 39, Burseraceae con 35, Lauraceae con 33 individuos.

En el nivel de alta intervención, las familias que presentaron mayor número de especies fueron: Mimosaceae 22 especies, seguida de Annonaceae con 15, Sapotaceae con 12, Lauraceae y Euphorbiaceae con 10. En el nivel media consolidación de la intervención las familias que presentaron mayor número de especies fueron: Mimosaceae con 13 especies, Euphorbiaceae

con 11, Melastomataceae con 7, Clusiaceae y Arecaceae con 6 especies y en el nivel de baja consolidación las familias que presentaron mayor número de especies fueron: Mimosaceae con 17 especies, Melastomataceae con 9, Clusiaceae, Flacourtiaceae y Burseraceae con 6 especies.

La distribución en clases diamétricas se comporta en general de la misma forma para las tres áreas de estudio, donde se observa una mayor cantidad de individuos entre el rango de los 10 a 20cm de DAP y cerca del 90% están por debajo de los 30 cm DAP. Las especies que presentaron un mayor índice de valor de importancia en el nivel de alta consolidación de la intervención son *Piptocoma madiscolor*, *Henriettea fascicularis* y *Guatteria trichoclonia*; en el nivel de media consolidación *Senna silvestris*, *Bellucia cf. grossularioides* (L.) *Jacaranda copaia* y en el nivel de baja consolidación *Vismia japurensis*, *Alchornea triplinervia*, *Jacaranda copaia* y *Miconia poeppigii* (Tabla 3-10, Tabla 3-11 y Tabla 3-12).

Tabla 3-10. Especies más representativas según el IVI obtenido a partir de dominancia y frecuencia en el nivel de alta consolidación de la intervención

Especie	Abundancia Relativa	Frecuencia. Relativa	Dominancia Relativa	IVI
<i>Piptocoma discolor</i>	6,68	1,61	8,61	16,91
<i>Henriettea fascicularis</i>	5,87	2,02	5,46	13,35
<i>Guatteria trichoclonia</i>	2,83	0,81	8,49	12,13
<i>Ochroma pyramidale</i>	4,25	0,40	4,59	9,24
<i>Miconia poeppigii</i>	4,05	1,61	3,34	9,00
<i>Casearia</i> sp2.	9,64	1,61	1,93	7,19
<i>Byrsonima kruckhoffii</i>	2,83	2,02	1,73	6,58
<i>Oenocarpus bataua</i>	1,62	1,21	3,66	6,49
<i>Guatteria recurvisepala</i>	2,23	0,81	2,50	5,53
<i>Solanum</i> sp.1	1,42	0,40	3,43	5,25
Otras especies	64.574	87.499	56.258	208.333

Tabla 3-11. Especies más representativas según el IVI obtenido a partir de dominancia y frecuencia en el nivel de nivel de media consolidación de la intervención

Especie	Abundancia Relativa	Frecuencia. Relativa	Dominancia Relativa	IVI
<i>Senna silvestris</i>	4,47	2,24	13,52	20,23
<i>Bellucia cf. grossularioides</i> (L.)	9,22	2,95	6,08	18,28
<i>Jacaranda copaia</i>	3,91	2,24	6,03	12,17
<i>Laetia procera</i>	3,91	2,24	3,06	9,21
<i>Miconia affinis</i>	2,79	2,24	2,98	8,01
<i>Hevea brasiliensis</i>	2,51	0,75	3,64	6,90
<i>Ochroma pyramidale</i>	2,23	2,24	2,00	6,47
<i>Inga sapindoides</i>	2,51	0,75	3,08	6,34
<i>Byrsonima crispera</i> A Juss.	4,19	0,75	1,36	6,30
<i>Inga acrocephala</i>	0,84	1,45	3,92	6,25
Otras especies	63.407	81.343	54.336	199.087

Tabla 3-12. Especies más representativas según el IVI obtenido a partir de dominancia y frecuencia en el nivel de baja consolidación de la intervención

Especie	Abundancia Relativa	Frecuencia. Relativa	Dominancia Relativa	IVI
<i>Vismia japurensis</i>	8,21	2,16	9,78	20,15
<i>Alchornea triplinervia</i>	7,06	3,78	8,99	19,84
<i>Jacaranda copaia</i>	8,59	3,24	7,93	19,76
<i>Miconia poeppigii</i>	7,06	3,24	8,05	18,36
<i>Inga acrocephala</i>	3,82	1,62	5,27	10,70
<i>Miconia chrysophylla</i>	4,39	2,16	3,12	9,67
<i>Pourouma melinonii</i>	3,24	1,08	3,17	7,49
<i>Cecropia ficifolia</i>	2,86	2,16	2,04	7,07
<i>Vismia baccifera</i>	2,48	2,16	1,97	6,61
<i>Laetia procera</i>	2,10	3,24	1,02	6,36
Otras especies	50.191	75.135	48.669	173.995

Aun cuando los rastrojos ubicados en el nivel de alta consolidación de la intervención presentan una mayor diversidad de especies y el nivel de baja consolidación una mayor dominancia, estas diferencias no son significativas y suficientes para afirmar que existan cambios en la composición y estructura de los rastrojos atribuibles a su ubicación de acuerdo con el nivel de consolidación de la intervención.

Composición Florística de pasturas en tres estados de degradación. En la cobertura de pasturas se evaluaron 45 parcelas, en donde se encontraron 83 especies, pertenecientes a 70 géneros y 41 familias. Las familias que presentaron un mayor número de géneros fueron: Poaceae con 10 géneros, Cyperaceae y Asteraceae con 5, Melastomataceae con 4, Rubiaceae y Fabaceae con 3 géneros, Caesalpinaceae, Malvaceae y Urticaceae con 2 géneros cada una.

Comparando los tres estados de degradación, se observa que *U. decumbens* tiene un alto porcentaje de cobertura en el estado uno (74,6%), con una reducción muy significativa en el estado 3 de 9,6%, dicha disminución se presenta debido, a que la degradación favorece la aparición de otras especies (D2), el aumento de cobertura de las mismas y también el incremento de área desnuda (D3). Estas diferencias son significativas ($F=23$ $p<0,001$). A pesar de que el estado de degradación 3 presenta menos especies no deseadas que el estado 2, el porcentaje de cobertura de estas especies es mayor en el estado tres. Lo que indica que en los primeros estadios de degradación existe un incremento de especies no deseadas, pero a medida que se degrada la pastura se generan condiciones que permiten que solo unas pocas especies sobrevivan, con un aumento en sus coberturas, dado por la disminución de competencia o por la ventaja adaptativa a condiciones drásticas, propias de un estado de degradación avanzado.

El índice de Simpson muestra que el estado de degradación con más dominancia es el uno con 0,8, seguido por el estado dos con 0,3 y el tres con 0,1. Lo que indica que en el proceso de degradación, la dominancia de *U. decumbens* en el estado 1, va siendo reemplazada por especies con porcentajes de cobertura similares entre sí.

Teniendo en cuenta el índice de Margalef, el estado de degradación dos es el que presenta una mayor riqueza de especies con un valor de 15,7, seguido por el tres con una riqueza media de 12,8, diferente a lo encontrado en el estado uno con una riqueza baja de 8,6. El resultado de este índice, igualmente refleja que en el proceso de degradación de la pastura, en una

primera instancia existe una entrada de especies no deseadas y posteriormente solo algunas logran sobrevivir a estados de degradación más avanzados. Por su parte el índice de Pielou evidenció que a medida que avanza la degradación de un estado a otro, la equitatividad aumenta de forma considerable, es decir, que las coberturas se distribuyen entre las especies de una forma más equilibrada.

En los estados uno y dos de degradación, la especie ecológicamente más importante es *U. decumbens*, de la familia Poaceae, seguida de *Homopelis aturensis*, se encontró en la mayoría de los marcos muestreados, superando el porcentaje de dominancia (32,1%), frecuencia (8,7%) e IVI (40,8) de *U. decumbens* en el estado de degradación tres. *Scleria melaleuca* (Cyperaceae) es la especie que ocupa el tercer lugar en los estados 1 y 3. De esta manera se evidencia como otras especies aumentan su frecuencia y dominancia considerablemente llegando a un punto en el que la especie principal, pasa a un segundo nivel, posiblemente por la marcada preferencia de los bovinos hacia la especie, dando oportunidad para el crecimiento y expansión de otras. Sin embargo la mayoría presentan un IVI bajo o moderado. Otras especies de alto valor ecológico son *Cyperus* sp de la familia Cyperaceae, *Clidemia hirta* (Melastomataceae), *Steinchisma laxa* (Poaceae), *Lindernia crustacea* (Scrophulariaceae), *Sauvagesia fruticosa* (Ochnaceae), entre otras (Tabla 3-13).

Tabla 3-13. Especies más representativas según el IVI obtenido a partir de dominancia y frecuencia

Índice de Valor de Importancia por Estado de Degradación									
	% Dominancia			%Frecuencia			IVI		
Especie	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
<i>Urochloa decumbens</i>	81,7	53,9	12,6	27,8	17	6,5	109,5	70,8	19,1
<i>Homopelis aturensis</i>	8,6	18	32,1	11,5	8,2	8,7	20,1	26,2	40,8
<i>Scleria melaleuca</i>	1,4	1	4	8,8	3,5	4,6	10,1	4,5	8,6
<i>Steinchisma laxa</i>	0,9	2	3,4	5,7	3,9	4,6	6,7	5,9	8
<i>Imperata brasiliensis</i>	1	8,8	1,5	0,6	4,1	2,5	1,6	12,9	4
<i>Cyperus</i> sp	0,1	1,5	2,5	1,2	6,2	3,7	1,4	7,7	6,1
<i>Clidemia hirta</i>	0,2	1,6	2,2	1,5	4,8	5,5	1,7	6,4	7,8
<i>Lindernia crustacea</i>	0,3	0,4	0,9	4,2	5,3	4,6	4,5	5,7	5,5
<i>Sauvagesia fruticosa</i>	0,1	0,5	2,2	1,2	4	4,6	1,3	4,5	6,8
<i>Adiantum</i> sp.	0,7	1,1	3,8	1,2	3	4	1,9	4,2	7,7
<i>Calopogonium muconoides</i>	1,1	0,7	1,4	6,6	1,5	4	7,7	2,1	5,3
<i>Desmodium adscendens</i>	0,7	0	4,8	5,4	0,6	2,6	6,1	0,7	7,5
<i>Tonina fluvialis</i>	0,6	0,1	0,5	3,9	1,2	2,1	4,5	1,4	2,7
<i>Desmodium orinocense</i>	0,2	0,3	4,2	2,4	1,9	3,7	2,6	2,1	7,9
<i>Sida acuta</i>	0,5	0,4	1,9	3,3	2,6	3,3	3,8	3	5,2
<i>Coutoubea spicata</i>	0,2	0,3	0,6	3,3	3,2	3,7	3,5	3,5	4,3
<i>Paspalum conjugatum</i>	0	0,3	4,8	0,3	1,1	2,4	0,3	1,4	7,2
<i>Paspalum notatum</i>	0	1,1	3,9	0	1	2	0	2,2	5,9

Los tres estados de degradación comparten un total de 30 especies, 28 géneros y 17 familias. Posiblemente a que las prácticas utilizadas para el establecimiento de las pasturas favorecen no solo la especie a cultivar, sino especies que anteriormente existían allí, presentando alta capacidad de poblamiento que resisten cualquier tipo de condiciones, siendo un puente para una posible restauración del hábitat anterior. Por estar presentes en los tres estados de degradación, su porcentaje de cobertura es mayor y por tanto su dominancia y frecuencia es alta, puesto que estas especies al estar presentes en todos los estados de degradación, tienen una gran plasticidad de sobrevivir a diversas condiciones de degradación de los suelos y a que tienen amplios vectores de dispersión.

La degradación de una pastura favorece el establecimiento de algunas especies y perjudica a otras, lo que genera que especies inicialmente con amplio establecimiento empiecen a perder vigor, como es el caso *U. decumbens* cuya cobertura disminuye al aumentar la degradación. Remplazada por otras especies como *Desmodium abdscondens* que a medida que avanza la degradación, el área ocupada tiende a ser mayor. Un ejemplo es la especie *Clidemia hirta*, que presenta una alta distribución en Colombia, y tiene la facilidad de adaptarse en diferentes hábitats como bordes de caminos, sucesiones tempranas e interiores de bosques (Mendoza, 2007), siendo una de las especies con mayor capacidad de adaptabilidad. Se observa cómo especies presentes en etapas tempranas de degradación desaparecen con el establecimiento de plantas con mayor competencia y adaptabilidad. Esto se observa en las 5 especies reportadas únicamente en los estados uno y dos consideradas poco importantes ecológicamente, debido a que sus valores de cobertura son bajos. Resaltando que en el estado uno, su dominancia y frecuencia es mayor. Un ejemplo de ello es *Lantana camara*, que tiene la capacidad de adaptarse en cualquier medio, pero su crecimiento es más favorable en lugares donde el suelo es rico, drenado y la intensidad lumínica es alta; (Holm L; Pancho, J; Herberger, J y Plucknett, D., 1979) condición que no se cumple en los suelos de la Amazonía por ser arcillosos, ácidos y mal drenados, lo que influye en un bajo porcentaje de cobertura de la especie.

La mayor diversidad de especies se ve reflejada en el estado de degradación dos, puesto que es el punto de remplazo y establecimiento de unas especies por otras, es por ello que especies como *Lygodium venustum* se reportan en el estado tres y otras como *Andropogon bicornis* se distribuyen fácilmente ocupando más terreno. Aunque hubo un gran número de especies en las pasturas evaluadas, se presentaron 33 especies cuya presencia se registró en un solo estado de degradación, de esta condición el número de familias, géneros y especies en el estado uno y tres son relativamente similares, siendo superado por el estado de degradación dos, con un total de 10 familias, 14 géneros y 19 especies no compartidas con los demás estados.

Las especies *Desmoncus polyacanthos*, *Sida rhombifolia*, *Heliconia velutina*, *Ipomoea phyllomega*, y *Lauraceae* sp, se registraron únicamente en el primer estado de degradación con una baja frecuencia puesto solo se encontraron en dos marcos para el caso de las dos primeras y en uno para las tres restantes, lo que indica que su presencia es esporádica, siendo especies que necesitan de condiciones más favorables. Los helechos *Pteridium arachnoideum* y *Pteridium aquilinum* pertenecientes a la familia Dennstaedtiaceae, se reportaron únicamente para el estado de degradación dos, posiblemente, a que son muy abundantes en suelos ácidos en etapas tempranas de degradación. De igual manera, son favorecidas por las quemadas y otros métodos utilizados para la siembra de pasturas; debido a que toleran fácilmente el estrés, las perturbaciones ambientales y la radiación solar, es por ello que cuando se empieza a presentar especies arbustivas su establecimiento decrece considerablemente (Velázquez, 2001).

Las especies que solo se reportaron en estado de degradación tres son *Bulbostylis* sp, *Calea montana*, *Cyperus sphacelatus*, *Clidemia bullosa*, *Tibouchina longifolia*, *Siparuna* sp. y *Polygonum hispidum*, con porcentajes de cobertura bajos puesto que en el estado tres las plantas presentes tienden a ser arbustos poblando más el terreno en el que se encuentran, haciendo que algunas especies no puedan obtener la luz y las condiciones necesarias para seguir su desarrollo. Un ejemplo de ellas es *Vismia baccifera*, que crece en mayor proporción en áreas abiertas como potreros abandonados y bosque secundarios (Zamora, N; Jiménez, Q. y Poveda, L., 2004). La mayoría de estas especies son arbustos utilizados para la recuperación y restauración del bosque por su fácil

poblamiento y dispersión de sus semillas. Las plantas encontradas correspondieron a especies de hábitos herbáceos y arbustivos que mantienen en una continua competencia a nivel nutricional con *U. decumbens* cuyo alto nivel de dominancia empieza a decaer a medida que avanza la degradación, sobresaliendo familias como Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae.

Los resultados obtenidos demuestran cambios drásticos en la composición y estructura de las pasturas a medida que estas se degradan, aspecto que debe ser tenido en cuenta en el análisis de las cifras obtenidas en los mapas de cobertura de la tierra. De manera especial se deben hacer esfuerzos de investigación con el fin de generar un protocolo en donde a partir de sensores remotos se discriminen las pasturas de acuerdo con su estado de degradación y estimar el impacto económico que tienen los procesos de degradación de las pasturas sobre el balance económico de los sistemas productivos.

3.2.1.3 Análisis de los cambios de la vegetación secundaria

Este tipo de coberturas en la Amazonía colombiana es importante porque actúa como una transición entre las áreas boscosas y las áreas praderizadas. En este sentido conocer su origen y las dinámicas de cambio, permite proponer estrategias para su manejo y gestión, con el fin de generar acciones frente al avance de la deforestación, pero sobre todo frente a la praderización, y para adelantar procesos de restauración. En el estudio de las coberturas terrestres (Murcia, G.U.G.; Huertas C, Rodríguez JM, Castellanos HOA., 2010) se ha clasificado la vegetación secundaria (rastrojos) según el factor que la origina (Tabla 3-14) para los dos periodos estudiados.

Tabla 3-14. Vegetación secundaria por origen

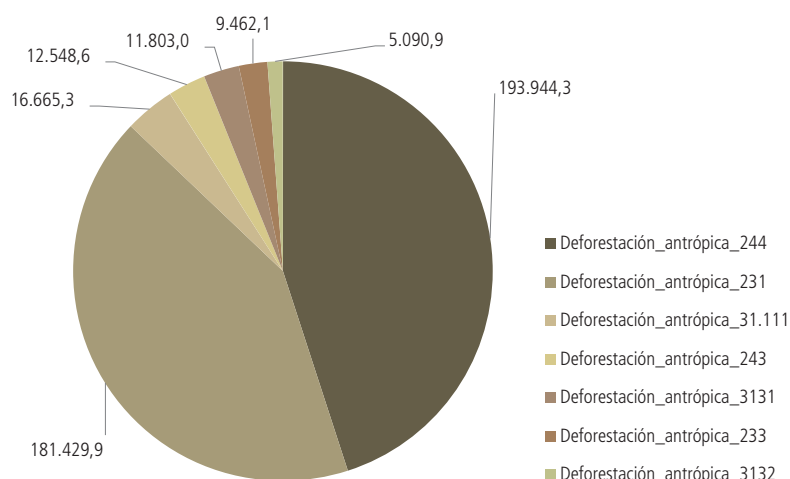
Periodo de análisis	Origen de la vegetación secundaria		
	Antrópico	Viento	Fluvial
2002	994.245,2	49.782	27.022,5
2007	789.540,25	57.139,63	29.774,87
Cambio (2002-2007)	-202.925,25	7.357,63	2.752,37

Para determinar los principales cambios que afectaron a cada tipo de vegetación secundaria (rastrojos) se hizo en ejercicio aplicando funciones de un sistema de información geográfica, para obtener las cifras y la ubicación espacial de los cambios, en dos sentidos, primero para conocer a qué coberturas del 2007 se transformaron las áreas que estaban con vegetación secundaria el año 2002, y el otro, para conocer cuales coberturas del año 2002 pasaron a ser vegetación secundaria en el año 2007; este primer análisis se realizó por departamento.

Se hace énfasis en los datos de vegetación secundaria de origen antrópico porque es la de mayor superficie y es sobre la cual se podría hacer una gestión de manejo con los campesinos. Los departamentos que más vegetación secundaria, de origen antrópico, perdieron fueron: Caquetá (233.030 hectáreas) y Meta (88.918 hectáreas). Entre el 2002 y el 2007 los rastrojos de origen antrópico sufrieron un cambio principalmente a mosaicos de pastos con espacios naturales (244) en 193.944 hectáreas, luego a pastos limpios (231) en 181.429 hectáreas, y en tercer lugar a bosques densos de tierra firme (31.111) en 16.665 hectáreas (Figura 3-9); sin cambios se mantuvieron 553.332 hectáreas.

Las coberturas del 2002 que más se transformaron a rastrojos de origen antrópico en el 2007, en primer lugar el bosque denso alto de tierra firme (98.085 hectáreas), luego los mosaicos de pastos y espacios naturales (55.507 hectáreas) y en tercer lugar los pastos limpios en 25.375 hectáreas.

Figura 3-9. Principales transiciones de la vegetación secundaria de origen antrópico a otras coberturas durante el periodo 2002-2007 (Área en ha)



Recuadro 3-2: Parcelas permanentes para el monitoreo de la vegetación y evaluación del cambio climático de los bosques Amazónicos

(Autores: Dairon Cárdenas López, Juan Sebastián Barreto Silva - Instituto Sinchi)

El programa misional Ecosistemas y Recursos Naturales del Instituto Sinchi, cuyo propósito general es “adelantar la caracterización de los ecosistemas y recursos naturales de la región Amazónica, en temas como flora, fauna, recursos hidrobiológicos, recursos genéticos y microorganismos del suelo, para suministrar información orientada al conocimiento, uso y conservación de los recursos naturales”, ha emprendido acciones para establecer una red de parcelas permanentes para el seguimiento y monitoreo de bosques en la Amazonía colombiana con el fin de cuantificar y evaluar los posibles efectos derivados del cambio climático. La realización de esta investigación permitirá además, incrementar el conocimiento científico de los bosques amazónicos, desarrollar capacidad en las ciencias forestales y generar insumos técnicos para la política de recursos naturales en Colombia.

Esta es una investigación a largo plazo, centrada en el seguimiento y monitoreo de los bosques de la Amazonía colombiana. Por medio de la realización de estudios ecológicos, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi pretende generar información sobre la dinámica y la capacidad adaptativa de los diferentes componentes del bosque (Flora, fauna, suelos) frente al cambio global, el cual incluye las transformaciones de origen antropogénico y por los cambios climáticos. Los bosques amazónicos se están transformando de forma acelerada ya que la población humana y la economía regional crecen rápidamente, con lo cual se aumenta significativamente la presión sobre los recursos biológicos. Así mismo, es necesario avanzar en el conocimiento del funcionamiento de los sistemas naturales y su resiliencia

o capacidad de respuesta al calentamiento global y al cambio climático. Comprender la forma en que el clima controla el crecimiento arbóreo o la productividad primaria neta, es una acción crítica para predecir el verdadero potencial de reciclaje de Carbono en respuesta a cambios de temperatura, precipitación, concentración de Nitrógeno, concentración de CO₂ y/o disponibilidad de luz. En síntesis, esta investigación busca generar información básica para alimentar los paquetes tecnológicos necesarios para la implementación de estrategias de manejo y conservación de la biodiversidad, la regulación de los ciclos biogeoquímicos y la cuantificación de servicios ambientales asociados con los ecosistemas naturales de la Amazonía colombiana.

1. Parcela permanente Amacayacu

La Parcela Permanente Amacayacu, establecida para el estudio y monitoreo de la vegetación de bosques de tierra firme en la Amazonía colombiana es una investigación a escala local y a largo plazo, que se soporta en un Convenio de Cooperación Interinstitucional celebrado entre el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales; actualmente cuenta con el apoyo técnico y científico del Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CTFS, por sus siglas en inglés) adscrito al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI, por sus siglas en inglés) y tiene los siguientes propósitos y actividades: 1. Incrementar el conocimiento científico de los bosques de tierra firme y desarrollar capacidad en las ciencias forestales. 2. Monitorear los posibles efectos derivados del cambio climático en el bosque. 3. Guiar la gestión forestal sostenible y la política de recursos naturales.

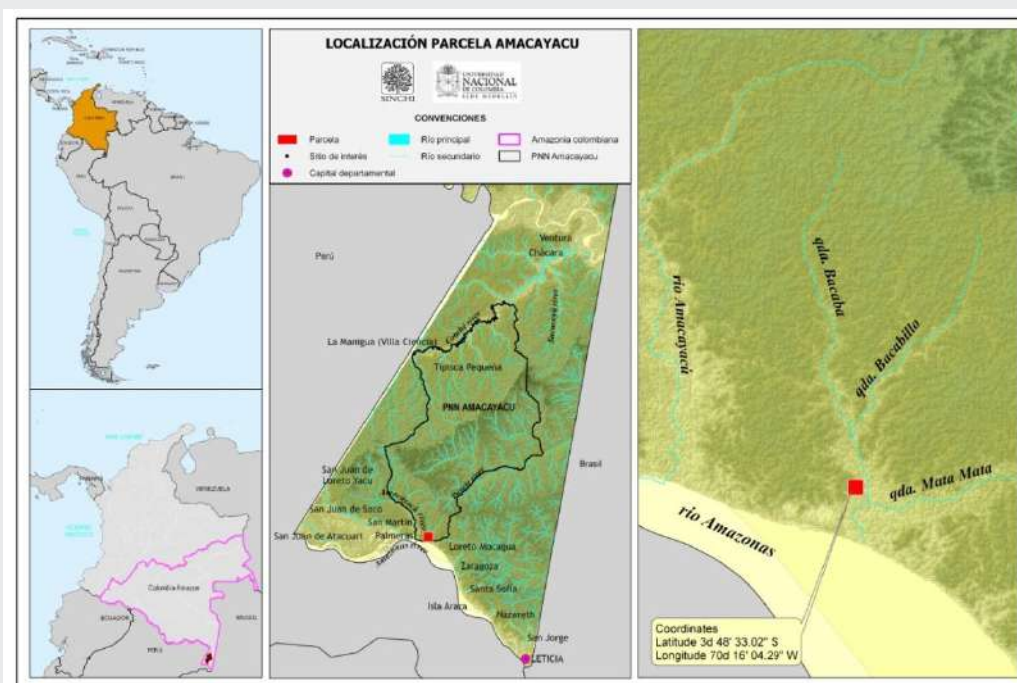
2. Red global de parcelas forestales

En 1980, ecólogos del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) establecieron la primera parcela en la Isla de Barro Colorado, Panamá. Esta parcela, fue pionera en implementar las técnicas de censo de los árboles a largo plazo. Por lo cual los investigadores la replicaron a lo largo del trópico, dándose la creación de una red de parcelas de investigación forestal que posteriormente se convertiría en el Centro de Ciencias Forestales para el Trópico. Antes de 1980, los científicos nunca habían intentado medir los bosques tropicales de manera tan intensa y en tan gran escala. Hoy en día la escala y la intensidad del programa de investigación CTFS no tiene precedentes en las ciencias forestales. En las parcelas CTFS participan cientos de investigadores de más de 40 instituciones en todo el mundo. Cada parcela es guiada y administrada en cada país por una o más entidades asociadas. El carácter de largo plazo, la naturaleza a gran escala de los datos conjuntos de CTFS permite a los científicos a responder a estas preguntas. El Centro de Ciencias Forestales del Trópico fue establecido en 1990 por STRI, junto con personal docente de las universidades de Princeton y Harvard, con el fin de comprender el funcionamiento de los bosques tropicales al promover las investigaciones a largo plazo en grandes parcelas permanentes de bosque. Hace aproximadamente seis años el Instituto Smithsonian convocó en Panamá a Instituciones con las iniciativas regionales referentes al tema, encontrando solidez y fortaleza académica e institucional al trabajo iniciado previamente por el Instituto Sinchi, dando respaldo técnico y operativo a la Parcela Permanente Amacayacu.

Hoy por hoy, la Parcela permanente Amacayacu pertenece a la Red global de parcelas forestales del CTFS. Debido a que todas las parcelas siguen una metodología científica unificada, los investigadores pueden comparar directamente los datos recogidos de diferentes bosques de todo el mundo y detectar patrones que de otra manera sería imposible de reconocer. Utilizando datos de la red global de parcelas forestales CTFS en gran escala, los investigadores están respondiendo a preguntas científicas sobre los bosques tropicales que eran imposibles de responder hace apenas unos años. Los datos estandarizados obtenidos de estudios sobre la diversidad y dinámicas de bosques proporcionan valiosa información para ayudar en la determinación de estrategias orientadas hacia la administración y la conservación forestal.

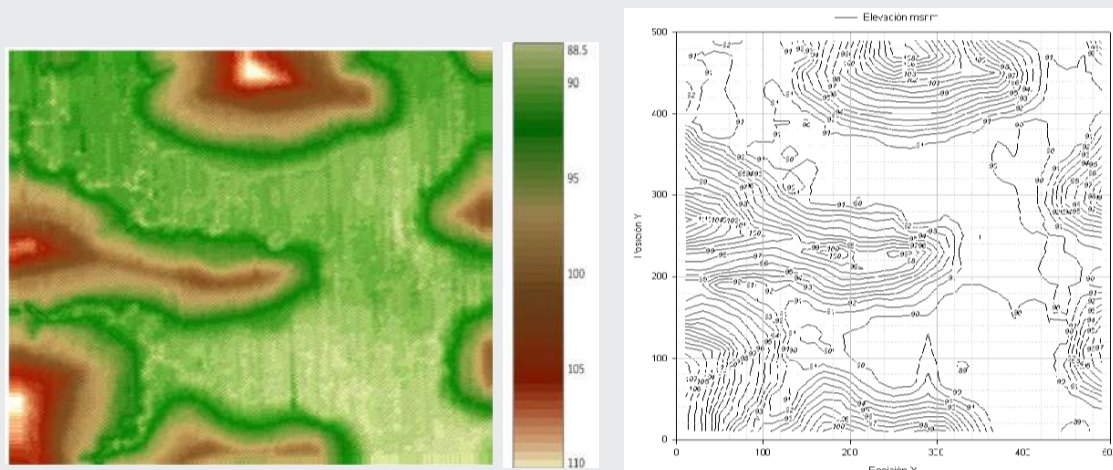
Resultados Preliminares

Selección y localización del área de estudio: La selección del sitio se estableció de acuerdo a criterios tales como: la biogeografía, el estado legal del territorio, la logística y accesibilidad; entre otros. El área de estudio se localiza al sur de Colombia, en el Parque Nacional Natural Amacayacu, en bosques de tierra firme.



Trazado y levantamiento topográfico: La parcela tiene un área de 25 hectáreas (500x500 m) y cada hectárea es un rectángulo de 20x500 m con 25 cuadrantes o unidades muestrales de 20x20 m (625 en total). Una vez demarcado el terreno en cuadrantes, subcuadrantes (10x10m) y cuadros (5x5 m) se procedió a realizar la medición de la altitud con el fin de calcular las variables topográficas tales como la pendiente y la curvatura que permiten modelar el relieve de terreno, con precisión. En general el terreno es plano, las altitudes oscilan entre los 88 y 110 msnm, la pendiente promedio es del 15%.

Se cuenta con un mapa topográfico, donde se denotan los matices hipsográficos y se resalta el relieve del terreno, obtenido con un modelo de Kriging.



Medición, Marcaje y Mapeo: Los individuos se midieron, marcaron y mapearon empleando los formularios y códigos establecidos en el protocolo del Centro de Investigación Forestal Tropical (CTFS) (Condit, 1998). Se registraron los árboles, helechos arbóreos y palmas con $DAP \geq 1$ cm en cada unidad muestral de 20x20 m. Para evaluar a las especies arbóreas según el estado de desarrollo se clasificaron en: dosel (Individuos con $DAP > 10$ cm) y sotobosque (Individuos con DAP entre 1 y 10 cm). Para el mapeo se dibujaba la localización, también troncos caídos y corrientes de agua entre otros. Se registraron en las 25 hectáreas un total de 123.268 individuos, que se clasifican según el estado de desarrollo en: dosel (14.725 individuos / 589 en promedio por hectárea) y sotobosque (108.543 individuos / 4.340 en promedio por hectárea).

Composición florística: En las 25 hectáreas de dosel (14.406 individuos) y en dos hectáreas para evaluar a los individuos del sotobosque (8.595 individuos) se registro un total de 23.001 individuos, que pertenecen a 1115 especies arbóreas, agrupadas en 87 familias botánicas. El nivel de determinación fue a especie (74%), a genero (22%) y a Familia (4%). Las especies más abundantes fueron *Eschweilera coriacea* con 998 individuos, seguida por *Astrocaryum ferrugineum* con 566 *Otoba parvifolia* con 523 individuos y *Iriartea deltoidea* con 377.

Novedades florísticas: Se encontraron 28 novedades corológicas para el país. Entre todas estas novedades corológicas vale la pena resaltar un primer registro del género *Angostura* (Rutaceae) para Colombia y a nivel de especie se registraron 27 novedades, las familias que mayor número de nuevos registros aportan son Piperaceae, Mimosaceae y Lauraceae, con tres especies cada una. Con relación al inventario presentado por (Rudas Lleras & Prieto Cruz, 2005) para el PNN Amacayacu, se registran 206 novedades florísticas, entre las cuales se encuentran 171 a nivel de especie, 30 a nivel de género y cinco familias de angiospermas, que son: Aquifoliaceae, Lepidobotryaceae, Magnoliaceae, Rosaceae y Styracaceae.

Otras iniciativas en la parcela permanente Amacayacu

Rasgos funcionales de especies arbóreas: La variación entre especies de los rasgos funcionales se asocia con el nivel adaptativo o estrategias propias de cada especie para ocupar un determinado sitio. Actualmente se está evaluando:

Carácteres reproductivos: Frutos, diásporas y semillas

- Densidad de la madera en árboles recién caídos: Con muestras obtenidas con el barreno de Presler se comparan el peso fresco vs peso seco, para obtener la densidad de la madera.
- Copas: Calificación de iluminación, calificación de presencia lianas y bejucos, altura total y diámetro de la copa.
- Hojas: Calificación de iluminación, espesor, resistencia, tamaño, peso fresco y seco y concentraciones de elementos.

Monitoreo de Carbono: En 100 subparcelas de 40 x 40 m que representan una submuestra de 16 hectáreas.

Dendrómetros: Se instalaron 2.000 dendrómetros en individuos seleccionados al azar en las 100 subparcelas de acuerdo a las categorías diamétricas. Consisten en bandas plásticas sujetadas al final con chapas metálicas que se unen con un resorte. Se quiere medir el incremento diamétrico con mayor precisión en un intervalo de tiempo menor, con el fin de cuantificar la biomasa aérea con mayor precisión y exactitud en intervalos de tiempo menores.

Transectos largos: Para la medición de la necromasa en árboles y ramas caídas. Involucra métodos no destructivos - Se toma orientación (Brújula) y dureza (Penetrómetro) y métodos destructivos se toma muestra proveniente de una rodaja de madera. Se muestrean detritos de madera gruesa (>2 cm de diámetro) y detritos de madera fina (0,2-1,99 cm) en 5 km de transectos.

Dinámica de detritos: Se realiza con inventarios periódicos de detritos de madera gruesa (>2 cm de diámetro) de individuos muertos en pie y caídos, involucra mediciones no destructivas en cada subparcela de 40x40 m. En 160 m de transectos. Se muestrean detritos de madera gruesa (>2 cm de diámetro) en toda la subparcela de 40x40 m y detritos de madera fina (0,2-1,99 cm) en 79 m² en el centro de la sub parcela en un área circular con radio de 5 m.

Trampas de hojarasca: Se han instalado 200 trampas en el centro de cada parcela de 40 m x 40 m. 100 de estas levantadas a 80 cm del suelo para coleccionar y pesar detritos menores a 50 cm de largo, incluyendo hojas caídas, frutos, flores y pequeñas ramas. Y 100 en el suelo donde se coleccionan y pesan ramas y hojas grandes de más de 50 cm de largo y 2 cm de diámetro.

Análisis de fertilidad y contenido de carbono del suelo: Se realizó la descripción de los perfiles del suelo, en total se evaluaron 5 calicatas que se localizaron según la localización topográfica, así: una en la parte de las cimas, dos en la parte con mayor pendiente y dos en la parte baja de la parcela. Además, se llevó a cabo el muestreo de suelos en 25 cuadrantes de 20 x 20 m, donde se tomaron muestras con barreno para determinar el contenido de nutrientes y el contenido de carbono en el suelo.

Parcelas permanentes de una hectárea

Se están estableciendo parcelas permanentes de una hectárea en diferentes ecosistemas estratégicos de la Amazonía colombiana. Para esto se están considerando áreas con alguna figura de protección, tales como las de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, zonas de reserva municipales, zonas de reserva de la sociedad civil, entre otras, donde exista motivación y empatía para realizar estudios de seguimiento y monitoreo a largo

plazo, y que además cuenten con estaciones meteorológicas cercanas que registren datos climáticos estándar (temperaturas: máximas, mínimas y medias; precipitación media, entre otros) y dado el caso incorporar estaciones climatológicas. Ya se han establecido dos parcelas durante el presente año, estas son:

Parcela permanente Mitú. En el Resguardo Indígena Mitú-Cachivera en la localidad de Patio Bonito. Se registro un total de 650 individuos.

Parcela permanente El Trueno. En la Estación Experimental El Trueno, propiedad del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi). Se registro un total de 613 individuos.

Existen sitios estratégicos para desarrollar esta investigación de seguimiento y monitoreo, tales como la transición andino-amazónica, La Estrella fluvial de Inírida y las catíngas de arenas blancas en el alto Río Negro, bosques de galería de las sabanas del Yarí, zonas de humedales y cananguchales representativos de la región, entre otros.

3.2.2 Sistema de asentamientos humanos y jerarquía urbana en la región Amazónica colombiana

(Autores: Elizabeth Riaño Umbarila y Carlos Ariel Salazar Cardona - Instituto Sinchi)

La jerarquía urbana representa una forma de presión ambiental sobre los ecosistemas puesto que permite evidenciar la distribución de los nodos urbanos según su tamaño y las funciones que permite ofrecer. El territorio al ser ocupado por diversos grupos sociales, soporta adecuaciones y sus recursos ambientales son incorporados progresivamente para el establecimiento del área urbana y el desarrollo de las actividades económicas, lo cual implica presiones diferenciadas sobre el entorno donde se localizan. Los centros urbanos se entienden como nodos de prestación de servicios, de intercambio comercial y de consumo, con diferente nivel jerárquico en función de su oferta de servicios y equipamientos.

Los componentes de servicios (servicios administrativos, y equipamiento público, equipamiento comercial y bancario, equipamiento social, y servicios y equipamiento cultural, religioso y de medios masivos de comunicación), tiene una relación directa con los niveles que alcanza el poblamiento humano visto a través de varios atributos: crecimiento, composición, distribución, entre otros.

El sistema de asentamientos humanos, la población humana que los habita y la sociedad que emerge de las relaciones entre aquellos, permite visualizar sobre un territorio, las principales presiones socioambientales a que son sometidos los recursos, puesto que se conoce qué produce, cómo y para quien produce esa sociedad y con los medios de que puede disponer.

Este sistema, comprende el conjunto de edificaciones e implantaciones humanas en un territorio, desde las construcciones rurales o selváticas más simples del hábitat diseminado hasta las ciudades mayores y aglomeraciones urbanas. Las funciones productivas y reproductivas relacionan todos los asentamientos, hecho que confiere al conjunto, la noción de sistema territorial, especialmente respecto a un ámbito unitario al que sirven de nexos de unión o nodos (Zoido & Aduar, 2000). De acuerdo con estos autores hablar de "sistema de asentamientos" alcanza verdadero sentido cuando el ámbito de referencia tiene dimensión regional o superior.

Para el caso de la región Amazónica colombiana, el grupo "Dinámicas Socioambientales" del Instituto Sinchi ha documentado por más de quince años los procesos de ocupación, poblamiento y urbanización, en un ejercicio de identificación y caracterización de su sistema de asentamientos. Este desarrollo ha implicado la definición del territorio regional y subregional,

la identificación y caracterización del anillo de poblamiento allí existente y los enclaves geopolíticos y económico extractivos presentes, así como la identificación de tipologías de asentamientos y la caracterización del sistema urbano regional a través del análisis de su jerarquía urbana.

3.2.2.1 Anillo de poblamiento en la región Amazónica colombiana

El anillo de poblamiento es una superficie continua y jerarquizada en la que se consolida el fenómeno urbano-rural en menoscabo de las áreas ancestralmente habitadas por pueblos indígenas. Cuenta con una red de comunicaciones que integra el conjunto de los diferentes tipos de centros a la economía de mercado, los que su vez soportan nuevas avanzadas de ocupación (Domínguez, 2001; Gutiérrez, Acosta & Salazar, 2003).

El anillo de poblamiento de la Amazonía colombiana es la continuación del sistema urbano periférico nacional en el sur del país, fundamentado en una construcción continua para la producción y circulación de mercancías. Esta construcción social del territorio significa la consolidación de lo urbano-rural a través de la red vial y de centros poblados, las coberturas antrópicas (pastos y cultivos), las áreas intervenidas y las densidades poblacionales rurales medias y altas (30 - 60 y 61 - 100 habitantes por km²).

El departamento con mayor participación en área de sus municipios en el anillo de poblamiento amazónico colombiano es Caquetá, seguido en su orden por Meta, Putumayo, Guaviare, Cauca, Vichada, Guainía y Nariño. Los departamentos de Amazonas y Vaupés no involucran territorios en el anillo. El proceso de poblamiento en el anillo de manera general, tiene una direccionalidad en sentido occidente-orienté, de acuerdo con el curso de los ríos, buscando a la vez una relación concéntrica en relación con los nodos que conforman municipios como San José del Guaviare, Florencia y Mocoa.

Muchos asentamientos localizados en el anillo, superaron las condiciones precarias de las clásicas aldeas descritas por antropólogos, sociólogos y economistas en los años setenta y ochenta, como consecuencia de varios procesos de orden internacional y nacional: la descentralización administrativa, los nuevos derechos legales a minorías y grupos étnicos, el auge de las actividades mineras, las políticas de integración transfronteriza, el auge de los cultivos ilícitos y sus múltiples consecuencias, entre otros, logrando constituir verdaderas urbes presentes en varios corredores viales y fluviales de la Amazonía colombiana (Gutiérrez, Acosta & Salazar, 2003).

3.2.2.2 Enclaves geopolíticos y económico-extractivos

Hacen parte del sistema de asentamientos los denominados "enclaves geopolíticos", que son centros urbanos donde la economía se mueve por efecto de traslados presupuestales, más que por su dinámica interna, como es el caso de los municipios de Leticia y Puerto Nariño (Amazonas), Mitú (Vaupés) e Inírida (Guainía). También se hallan los "enclaves económico-extractivos", como el municipio Taraira (Vaupés) y las áreas no municipalizadas de Tarapacá, La Pedrera, El Encanto y La Chorrera (Amazonas) y la inspección de policía de Araracuara (Solano - Caquetá) (Figura 3-10).

3.2.2.3 Tipología de asentamientos humanos en la Amazonía colombiana

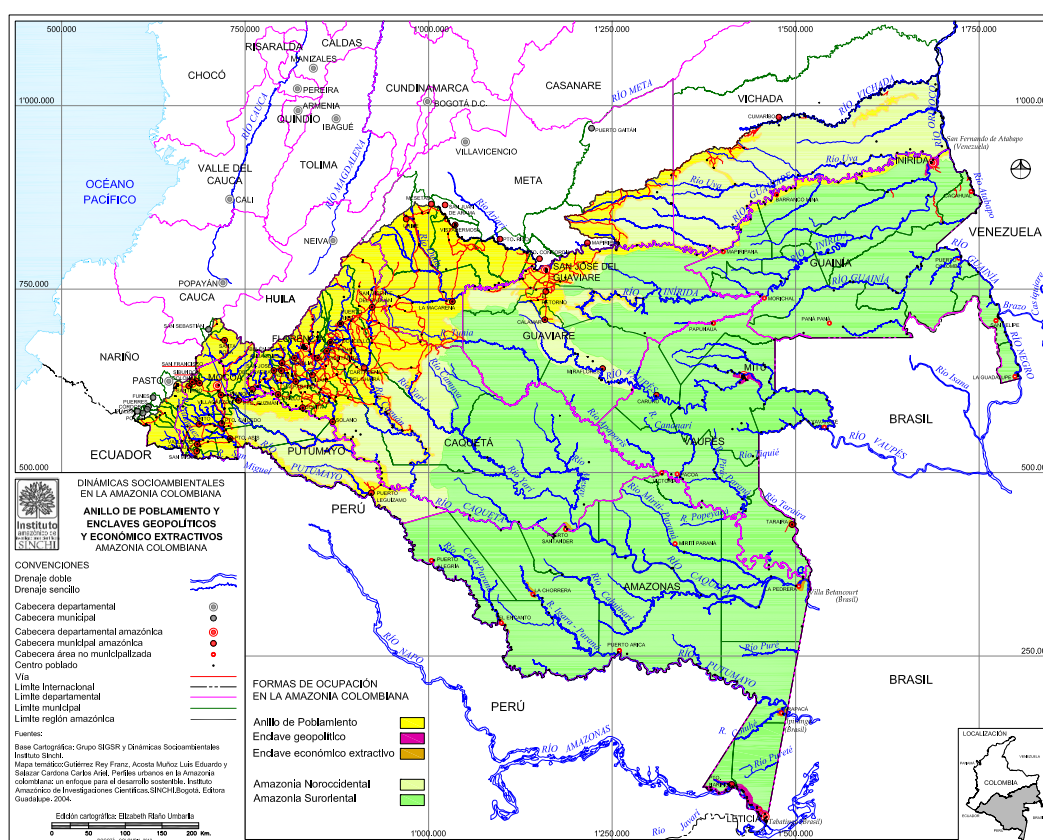
El asentamiento humano en la selva húmeda tropical se define como el soporte adaptado para una instalación social, el cual ejerce como un estabilizador-desestabilizador de los intercambios o como una instancia de normalización y regulación de los ciclos de materia, energía e información. El asentamiento o hábitat humano es el producto de la sedentarización del hombre; es la unidad dialéctica de las relaciones entre el hombre y la naturaleza, determinada por el hecho de la producción y por la ubicación para ejercer dicha producción material y cultural (Salazar, Gutiérrez & Franco, 2006a).

El asentamiento humano es tanto el espacio requerido por un grupo indígena o mestizo para su supervivencia y su desplazamiento, como la explotación agrícola del colono y el campesino que comprende la vivienda del productor y su familia, un caserío, una localidad, una mediana o gran ciudad, una conurbación o metrópoli. Todos ellos se definen por la extensión de una simple o intrincada red de trayectos que a diario, los habitantes recorren entre sus lugares de residencia y los sitios de trabajo.

El asentamiento humano es el espacio de una comunidad indígena nómada o sedentaria, una finca, un centro poblado de campesinos, de colonos –definido así por estar en zona de reserva forestal, en resguardo o en un área con restricción para la ocupación de los no indígenas– y, en un orden mayor, las cabeceras municipales y las ciudades (Salazar, Gutiérrez & Franco, 2006a).

Desde el punto de vista de las hegemonías del poder (Gutiérrez, Acosta & Salazar, 2003) el sistema de asentamientos de la región, cuenta con las siguientes tipologías claramente diferenciadas:

Figura 3-10. Anillo de poblamiento y enclaves geopolíticos y económico extractivos Amazonía colombiana

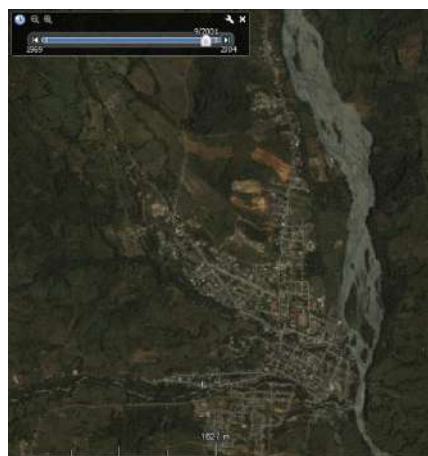


Ciudades capitales de departamento: son los centros urbanos que concentran el mayor número de habitantes, presentan la más importante oferta de servicios y equipamientos dentro del departamento, así como mayor desarrollo administrativo e ingresos corrientes de la Nación. En la región están, Florencia, San José del Guaviare, Leticia, Mocoa, Inírida y Mitú.



Fuente: Google Earth.

San José del Guaviare, Guaviare



Mocoa, Putumayo

Centros urbanos cabeceras municipales: constituyen áreas de consolidación de la colonización por hacer parte de los espacios de poblamiento y ocupación más antiguos. Allí se concentra la población, la oferta de servicios económicos, sociales, culturales e institucionales, equipamientos, e intentos de conformación de agroindustrias con fuerte apoyo del Estado. Ejercen gran influencia respecto a áreas más distantes con predominio agrícola, pecuario y forestal. Son ejemplo de esto Puerto Asís, San Vicente del Caguán y 44 cabeceras más. Sobre estos centros existe constante presión por el acceso a servicios y por la posesión de la tierra urbana, generando nuevos frentes dinámicos de migración rural-rural y rural-urbana, pues la expulsión de la población es frecuente, por razones económicas (costo, concentración y altos precios de la tierra) y extraeconómicas (violencia). En consecuencia, aparecen manifestaciones de marginalidad urbana, de concentración de la propiedad y afianzamiento del sector terciario; bajos niveles de productividad, empleo y generación de excedentes.



Fuente: Google Earth.

Puerto Asís, Putumayo



San Vicente del Caguán, Caquetá

Cabeceras de los territorios especiales biodiversos y fronterizos (anteriores corregimientos departamentales): constituyen el área de consolidación de la población urbana con predominio de población indígena. Ofrecen mínimos servicios sociales, económicos y administrativos para la población indígena y colono-campesina que allí habita. Entre ellos están San Felipe, Puerto Colombia, La Pedrera, Tarapacá, La Chorrera y quince más.



Fuente: Google Earth.

Mapiripana, Guainía, área de chagras y cabecera del asentamiento

Centros poblados de campesinos y colonos: corresponden a los llamados caseríos, cabeceras de las inspecciones de policía y cabeceras de los corregimientos municipales, se conocen como “estribos” de la ocupación y son poblados de pequeñas dimensiones que cumplen roles epicentrales para determinadas áreas geográficas. Presentan escasa oferta de servicios sociales económicos y administrativos para la población. Su área de localización se considera transicional e intermedia entre la colonización consolidada y los frentes de colonización con predominio de la ganadería extensiva y en algunos casos pequeñas ganaderías y algunas actividades agrícolas de algún rendimiento comercial. Entre ellos están La Libertad, Remolino del Caguán, Río Negro, Cachicamo, La Tagua, Aracua.



Fuente: Google Earth.

La Tagua - Leguízamo, Putumayo

Unión Peneya - La Montañita, Caquetá

Centros rurales de campesinos colonos en áreas de reserva forestal y en áreas sustraídas de estas: constituyen el germen de nuevos asentamientos, que pueden consolidarse, estancarse o desaparecer, dependiendo de la dinámica económica del lugar en que se localizan.



El Vergel, centro poblado de campesinos en área de reserva forestal, Vistahermosa, Meta.

Fuente: Google Earth.

Centros poblados de indígenas en resguardo y fuera de estos: constituyen los núcleos donde habita la población indígena que en su proceso de contacto, ha optado por esta forma de asentamiento, con el fin de acceder a los programas y servicios que les brindan las instituciones del Estado, configurando núcleos habitacionales con precaria infraestructura institucional. Por ejemplo, Villa Fátima, Nazareth, Atacacuari, Palmeras, La Paya.



Naranjales – Puerto Nariño

Fuente: Google Earth.

Áreas rurales de campesinos y colonos de asentamiento disperso: se refiere a las zonas rurales de los municipios excluyendo los centros poblados. Conformado por la constelación de veredas y fincas que pertenecen al municipio, constituyen la célula primaria de la organización social del espacio rural campesino.



Área rural municipio de San José del Guaviare

Fuente: Google Earth.

Territorios indígenas: corresponden a los entes territoriales como resguardos y reservas legalizados, así como también los territorios sagrados, tradicionales y de importancia cultural, reconocidos pero no legalizados. Expresan formas de organización social endógena y en proceso de integración a la sociedad de la economía de mercado.



Área del resguardo Ticoya , San Pedro de Tipisca, Puerto Nariño-Amazonas

Fuente: Google Earth.

Territorios de indígenas nómadas: son áreas declaradas como resguardos donde su población construye refugios temporales y obtiene del entorno todo lo requerido para su subsistencia. En la actualidad son víctimas de desplazamiento y afrontan serios retos de supervivencia física y cultural. El ejemplo más conocido de estos es el de los Nukak Makú.



Sector del Resguardo Nukak Makú, San José del Guaviare - Guaviare

Fuente: Google Earth.

3.2.2.4 Sistema urbano en la región Amazónica colombiana

El Sistema urbano es una parte o un subconjunto del sistema de asentamientos a la que se atribuyen características urbanas, bien por sus rasgos formales o físicos, o bien por su funcionalidad. La idea de sistema unida a la de ciudad supera la mera suma o agregado de lugares urbanos e implica su funcionamiento unitario en algún sentido. El sistema urbano, es por ello, el conjunto de asentamientos al que corresponden funciones supralocales en un espacio entendido como unitario. Dichas funciones atraen o generan flujos que rebasan los límites administrativos locales de cada elemento del sistema. El sistema urbano sigue generalmente unas pautas de ordenación interna que lo estructuran en rangos o niveles jerárquicos, a los que según su posición en el conjunto, corresponden funciones urbanas progresivamente más especializadas que sirven ámbitos de influencia de extensión creciente (Zoido & Aduar, 2000).

El sistema urbano es estructurado por una o varias redes urbanas y se determina la jerarquía urbana de la red según la naturaleza y estructura de los servicios, que dan lugar a los diferentes escalones o niveles urbanos. La inserción de la industria en la red supone un factor de cambio demográfico y económico, que a su vez transforma las jerarquías terciarias. El análisis del sistema urbano puede considerarse una forma de aproximación al estudio de la organización del territorio y sus actividades donde las ciudades (o los centros urbanos) son consideradas como foco de producción, distribución, consumo y organización del sistema (Ferrer, 1992).

Los elementos de la red son los centros urbanos y los vínculos, flujos y relaciones que entre ellos se establecen. Entre los elementos (centros urbanos o ciudades) de la red urbana se generan flujos, vínculos y relaciones de personas, comercio, capitales e información.

En el anillo de poblamiento amazónico y en los enclaves geopolíticos y económico-extractivos, se presenta un proceso de urbanización, a través del cual como lo expresa Castells (1998), una proporción significativamente importante de la población de una sociedad se concentra en un cierto espacio, en el cual se constituyen aglomeraciones funcional y socialmente interdependientes desde el punto de vista interno, y en relación de articulación jerarquizada —red urbana—.

La caracterización de esta red jerarquizada permite su clasificación, labor desarrollada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)¹⁰ para las ciudades colombianas a nivel nacional, considerando la talla de los centros urbanos y la importancia de los equipamientos más especializados para el ejercicio de las funciones terciarias, propias de la actividad urbana en la provisión de bienes y servicios.

El grupo de Dinámicas Socioambientales del Instituto Sinchi, ha efectuado estudios sobre el tema (Gutiérrez, Acosta & Salazar, 2003; Salazar, Gutierrez & Franco, Guainía en sus asentamientos humanos, 2006a; Salazar, Gutierrez & Franco, Vaupés: entre la colonización y las fronteras, 2006b) y con la publicación de Riaño y Salazar (Riaño & Salazar, 2009), se realizó el primer trabajo de identificación de la estructura jerárquica de los centros urbanos que conforman la región Amazónica colombiana para el año 2005, según la oferta de servicios y equipamientos. Esto permitió establecer cinco categorías de centros urbanos, que marcan la línea base para continuar su monitoreo. En este año 2012, se realizó una segunda medición de este indicador de jerarquía urbana a partir de datos referidos al año 2010. Con esto es posible identificar procesos de consolidación de algunos de los centros y el estancamiento o debilitamiento de otros (Figura 3-11 y 3-12).

En términos generales se observa que la mayor oferta de servicios se concentra en el anillo de poblamiento amazónico, en la Amazonía Noroccidental y disminuye significativamente en la Amazonía Suroriental. Algunos de los centros urbanos de los departamentos de Putumayo, Caquetá y Guaviare ascendieron en la clasificación de jerarquía urbana ubicándose en un nivel superior al registrado en el año 2005.

Es relevante tanto a nivel regional como departamental, lo que ocurre en el departamento de Putumayo, donde Puerto Asís y Mocoa consolidan su rol como oferentes de servicios y equipamientos, a la vez que se robustece el corredor entre estos dos con la presencia de Villagarzón y Orito como ejes de circulación y extracción de recursos. Todo ello será acrecentado con la construcción de la variante Mocoa-San Francisco. El seguimiento a este indicador de jerarquía urbana permitirá establecer qué tan beneficiados resultan los centros urbanos y su población con esta dinámica de la economía extractiva que por su naturaleza deja poco a su paso.

También es importante la dinamización de algunos de los centros urbanos en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Meta, como se observa al comparar los mapas de jerarquía urbana de los años 2005 y 2010.

3.2.2.5 Tipología de centros urbanos de acuerdo con su jerarquía urbana por oferta de servicios y equipamientos en la Amazonía colombiana

Florencia, constituye la primera tipología y es el único centro urbano en su categoría. Se consolida como el centro con mayor dinámica poblacional, económica y oferta de servicios y equipamientos. Muestra características singulares en la región por la concentración de población urbana que va ocupando el territorio sin la debida planeación, lo que hace cada vez más complejo un ordenamiento urbano. Este centro merece estudio particularizado dada la complejidad de su funcionamiento y condición de primer centro urbano regional. Las acciones que permitan revertir los procesos desordenados con que crece este núcleo, servirán de escuela a los jóvenes centros urbanos se gestan en la región. Constituye un reto importante de planificadores, administradores y ejecutores a nivel local, regional y nacional, pues el camino que transita carece de sostenibilidad social, económica y ambiental.

¹⁰ Los niveles de los centros son: Metrópolis Nacional y Regionales, Centros Subregionales de primer orden, Centros Subregionales de segundo orden, Centros Subregionales de tercer orden, Centros de Relevancia Principales, Centros de Relevancia Secundarios, Centros Locales Principales, Centros Locales Secundarios y Centros Urbanos Básicos. Para la Amazonía clasifican como Centro Subregionales de segundo orden a Florencia (Caquetá) y como Centros Subregionales de tercer orden Leticia (Amazonas), Mocoa (Putumayo), San José del Guaviare (Guaviare), Mitú (Vaupés) e Inírida en el departamento de Guainía.

Figura 3-11. Jerarquía urbana en la región Amazónica colombiana, 2005

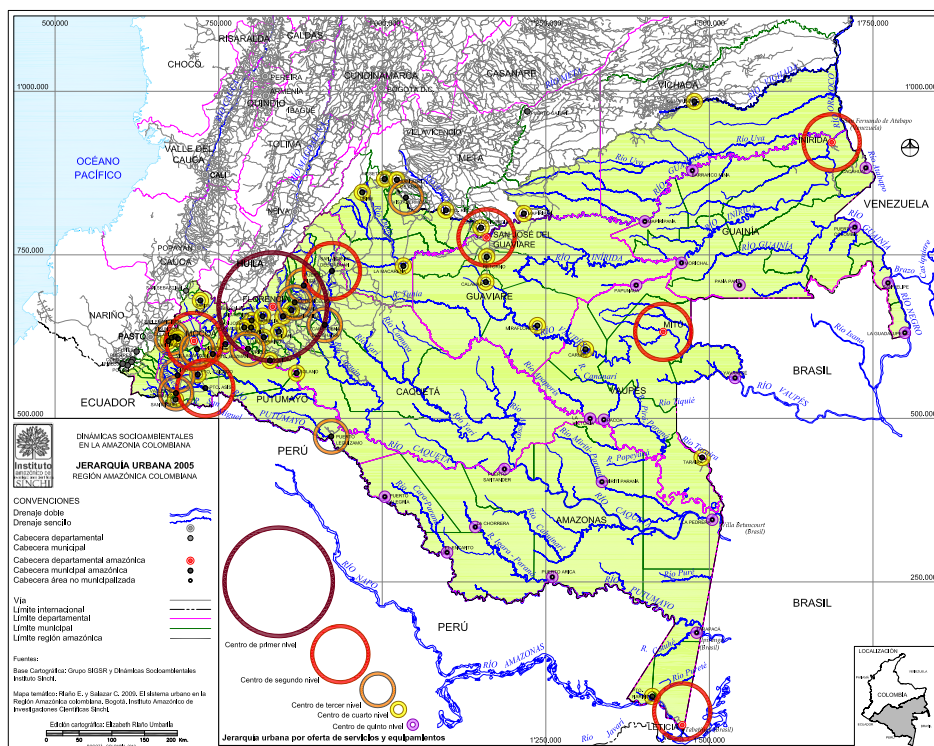
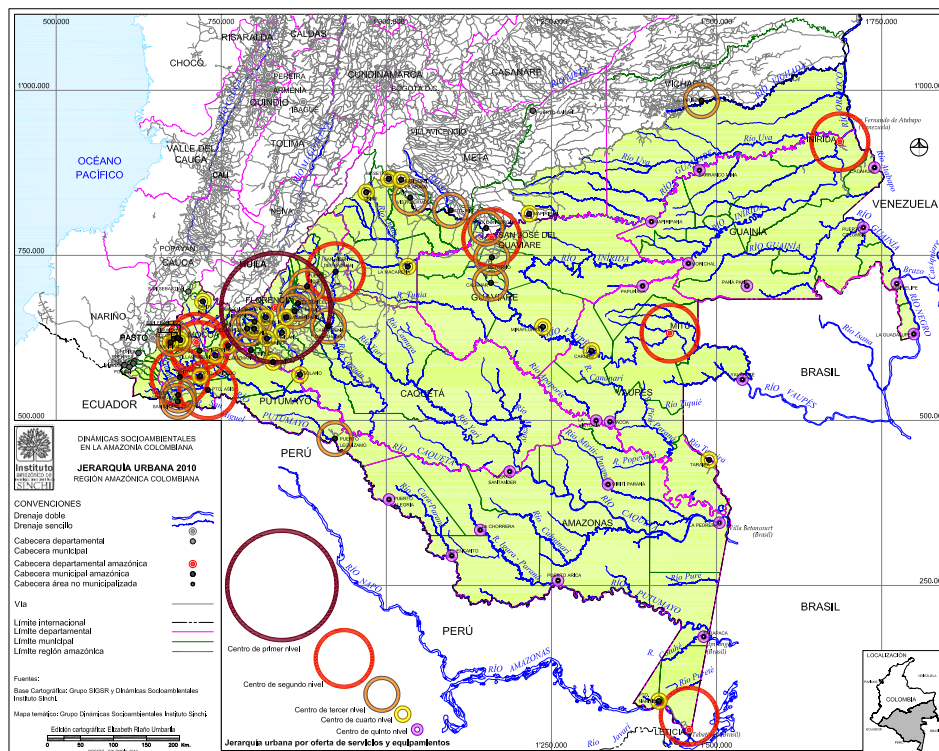


Figura 3-12. Jerarquía urbana en la región Amazónica colombiana, 2010



La segunda tipología de centros urbanos la conforman las cabeceras departamentales de San José del Guaviare, Leticia, Mocoa, Inírida y Mitú; los centros urbanos de importante actividad económica y comercial de Puerto Asís y San Vicente del Caguán y los centros de Orito y Villagarzón en auge por causa de sus ingresos económicos provenientes de la explotación petrolera. Cada uno de ellos constituye objeto de interesante análisis particular y en su conjunto se caracterizan por ser los núcleos más dinámicos de la región. No padecen de macrocefalia urbana como Florencia y han venido consolidando una oferta de servicios que dado el tamaño poblacional que tienen, implica cierta accesibilidad para sus pobladores, sin ser la mejor ni la más eficiente. No obstante, el flujo de ingresos que pueden recibir, dicho tamaño poblacional aún manejable, entornos ambientales ricos y de alta vulnerabilidad y cierta capacidad institucional instalada, constituyen los insumos para realizar mejores intervenciones de ordenamiento urbano, ambiental y administrativo que redunde en beneficios para sus habitantes.

La tercera tipología de centros urbanos la conforman las 17 cabeceras municipales de: Cumaribo en Vichada; Calamar y El Retorno en Guaviare; Vistahermosa, Puerto Rico y Puerto Concordia en Meta; Leguízamo, Sibundoy, San Miguel y Valle del Guamuez en Putumayo; y Curillo, Belén de los Andaquíes, San José del Fragua, El Doncello, El Paujil, Cartagena del Chairá y Puerto Rico en Caquetá. En este grupo de municipios ha mejorado la oferta de servicios y equipamientos con relación a lo encontrado en 2005. La mayoría de estos centros urbanos se generó dentro del proceso de colonización que ha vivido la región. De ser pequeños centros de acopio y lugares de paso, hoy tienen una proyección de vida urbana que tiende a estabilizarse. Dicha condición acarrea también la herencia de problemas no resueltos existentes en los centros urbanos andinos, sin embargo el potencial de estos lugares lo constituye justamente su pequeño tamaño poblacional y superficie territorial urbana. Intervenciones acertadas en urbanismo y planificación podrían garantizar una vida con mejor calidad para estos gérmenes de ciudad, sus pobladores y su entorno.

La cuarta tipología de centros está conformada por 23 cabeceras municipales así: Miraflores en Guaviare; Puerto Nariño en Amazonas; Piamonte y Santa Rosa en Cauca; Carurú y Taraira en Vaupés; La Macarena, Mapiripán, Mesetas, San Juan de Arama y Uribe en Meta; Colón, Puerto Caicedo, Puerto Guzmán, San Francisco y Santiago en Putumayo; y Albania, La Montañita, Milán, Morelia, Solano, Solita y Valparaíso en Caquetá. Sobre algunos de estos centros urbanos se cuestiona incluso su viabilidad como municipios, tal es el caso de Miraflores, Carurú y Taraira. Han funcionado como núcleos de servicios generados por economías de carácter extractivo que al desaparecer debilitan los ya precarios centros. No es el caso Puerto Nariño en Amazonas, que bien podría consolidarse como la cabecera municipal de la primera entidad territorial indígena (ETI) del departamento. Con unas condiciones urbanísticas mejor adaptadas al entorno amazónico tiene grandes lecciones aprendidas y mucho que enseñar a los nacientes centros urbanos. Los centros urbanos de Putumayo y Caquetá siguen un camino de consolidación urbana en precarias condiciones. Una característica común en todos estos lugares es el potencial ambiental y paisajístico donde se establecen. Intervenir allí es un buen reto para encarar mejores estrategias de adaptación al medio natural, con el menor impacto posible, generando relaciones más equilibradas y con menor entropía.

Los centros urbanos de la quinta tipología están conformados por las cabeceras de los territorios especiales biodiversos y fronterizos de los departamentos de Amazonas, Vaupés y Guainía. Veinte núcleos de población y servicios donde predomina la población indígena. Pueden constituirse al igual que Puerto Nariño en los nodos de las futuras ETI, quizá con un destino más halagador que el que traen los ambiciosos y depredadores proyectos de explotación minera. La intervención en estos lugares requiere la participación activa y comprometida de líderes y autoridades indígenas, así como la articulación entre el gobierno nacional, regional y local en busca de una construcción de consensos viables para la generación de hábitats sostenibles en términos aplicados, más allá de los discursos del deber ser. Se trata de crear opciones que permitan un mejor o buen vivir, no apenas "sobrevivir", a las comunidades que han ocupado ancestralmente este territorio, para ellos y para quienes encontraron en estas tierras un nuevo hogar. Opciones no depredadoras que hincen capitales foráneos dejando personas y tierras devastadas, pues ningún plan de manejo, mitigación o compensación, puede revertir o equilibrar los daños que la minería acarrea.

El recorrido por el sistema de asentamientos humanos y su jerarquía urbana (2010) por oferta de servicios y equipamientos en la región Amazónica colombiana puede sintetizarse en las Figuras 3-13 y 3-14 mediante una representación coremática. Allí se expresa mediante el índice de Pinchemel la concentración de la población urbana con relación a la población total (urbana y “resto”) regional. Esta nube de centros urbanos presentes en el área del anillo del poblamiento tiene su mayor expresión poblacional en Florencia. Pequeños asentamientos de población de colonos y campesinos hace presencia allí también. En esta área se ha mantenido históricamente una intensa dinámica poblacional por efecto de los procesos de colonización y poblamiento, que hoy degenera en la ocupación sin poblamiento y concentración de la tierra en manos de terratenientes, que por vía de la violencia y la corrupción han sido apropiados con el fin de destinarlos a los agronegocios y actividades extractivas.

Esta zona ha sido escenario del intenso conflicto armado colombiano en que la población procedente del interior del país que llegó a ocuparla procuraba un lugar donde mantener su forma de vida campesina. En este territorio se manifiesta la herencia de la violencia que la Nación ha vivido y los pobladores en medio de las fuerzas en combate, apenas lograron incorporarse en algunos eslabones de la cadena que generan las distintas economías extractivas legales e ilegales que ha vivido la región por efímeros periodos.

Los habitantes de la Amazonía Noroccidental han vivido los procesos de colonización, poblamiento y urbanización que caracteriza a esta subregión, en medio del conflicto armado, desplazamiento forzado, violencia y precarias condiciones de vida en centros urbanos con escasa oferta de servicios y equipamientos.

La Amazonía Suroriental, asiento de las comunidades indígenas dispersas, vive hoy el nucleamiento y concentración de la población tanto en las cabeceras municipales y de áreas no municipalizadas como en el interior de los resguardos indígenas. Allí se localizan también los enclaves geopolíticos que cada vez funcionan más como pares conurbados o como núcleos de población en doble o triple frontera.

Figura 3-13. Sistema de asentamientos humanos en la Amazonía colombiana

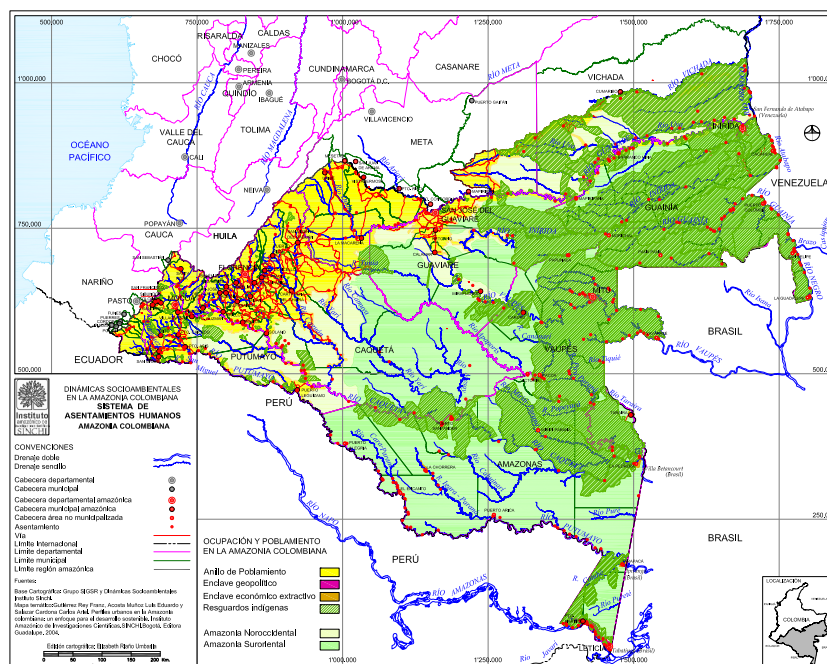
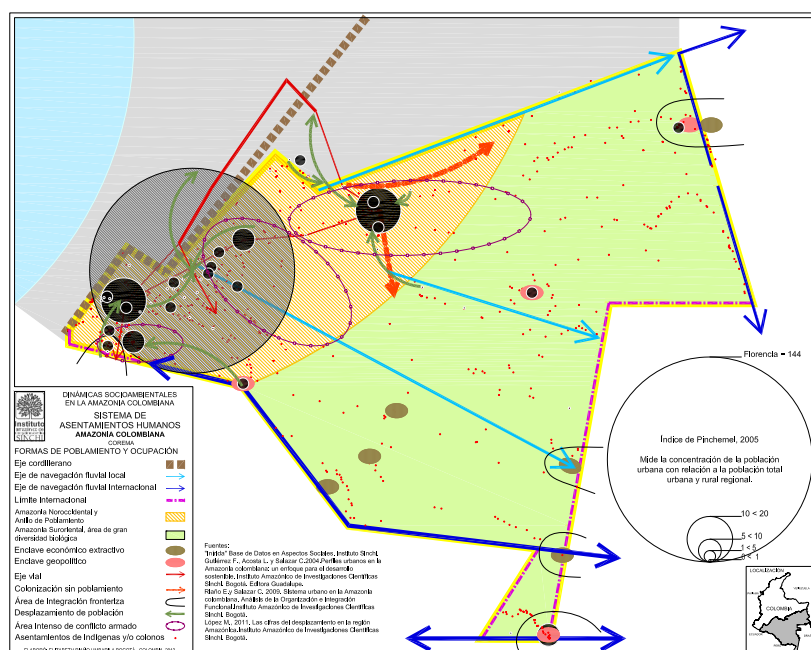


Figura 3-14. Corema del sistema de asentamientos humanos en la Amazonía colombiana



Esta área donde se encuentra el bosque mejor conservado, está actualmente amenazada por las propias políticas de un Estado que proyecta convertirlo en zona de explotación minera con la “previsión” de lánguidas políticas de compensación.

En esta área la accesibilidad y la movilidad ancestralmente se ha dado por vía fluvial, medio que recobra inusitado interés como parte de una red vinculante entre América y Asia, con inmenso interés económico a nivel global y escasa previsión de los impactos que esto generará sobre el bosque amazónico a nivel local, por medio de los proyectos de IIRSA.

Convergen en esta área las contradicciones de un modelo económico depredador y la intención de un desarrollo “sostenible”, ante la verdad histórica que ha marcado a esta región donde las economías extractivas arrasan con lo que encuentran a su paso.

Esta propuesta de tipologías a partir de la jerarquía urbana por oferta de servicios y equipamientos, invita a repensar el proceso de urbanización que se está dando en los núcleos de la región y plantea la necesidad de intervenciones diferenciadas en un territorio homogenizado por el imaginario nacional. Que sea la amenaza que se cierne sobre la región con la minería, la oportunidad para que el país andino se reconozca también amazónico y acciones reales permitan construir opciones de vida para todos.

3.2.3 Consumo de energía eléctrica en la región Amazónica colombiana

(Autores: Carlos Ariel Salazar Cardona y Elizabeth Riaño Umbarila - Instituto Sinchi)

La provisión de energía se ha convertido en un inmenso reto de política pública y económica en cada rincón del planeta, profundos debates se suscitan sobre las formas de obtenerla, a bajos costos, limpia, eficiente y que contribuya a democratizar la sociedad. A mayor acceso, mayor integración y cohesión social.

La provisión se ha convertido además en un tema de alcance político antes no reconocida. Profundos debates se ciernen en Europa y Japón respecto a fuentes nucleares o atómicas de suministro, eficiente y de costos accesibles pero de altísimo riesgo para la seguridad nacional, de las personas y del medio ambiente.

Por su parte, la energía de fuentes fósiles como el carbón y el petróleo, siendo el primero de gran eficiencia calórica y el segundo sometido a los vaivenes geopolíticos, se les responsabiliza de ser los grandes aportantes a la contaminación y causante de los más peligrosos gases de efecto invernadero. El gas, como otra fuente fósil, aunque no tiene tan mala reputación, se haya distribuido desigualmente en el mundo y presenta, cuando no se encuentra en escalas comerciales, problemas para su obtención, almacenamiento y distribución, que conlleva a incineración en la boca de pozo cuando esta junto con el petróleo.

La energía de fuentes hídricas, la quintaesencia de las energías renovables, enfrenta al cambio climático como uno de los factores de riesgo más importantes. En efecto, la variabilidad climática esta produciendo cambios notorios en los ciclos de lluvia y humedad a escala global, los deshielos de las cumbres nevadas, y la deforestación con la consecuente alteración de la escorrentía, están haciendo vulnerable –tanto por déficit como por exceso– la provisión de agua para mantener los embalses llenos.

En consecuencia de lo anterior, el mundo está enfrentado al gran reto de contar con fuentes alternativas de suministro de energía, eficiente, limpia, de bajos costos y que conlleva a mayor democratización de la sociedad.

Por su posición en la zona húmeda tropical y la presencia de tres cordilleras, Colombia ha privilegiado la generación hídrica para su matriz energética. No obstante el servicio de suministro de energía aún no cubre todo el territorio nacional, incluida la región Amazónica.

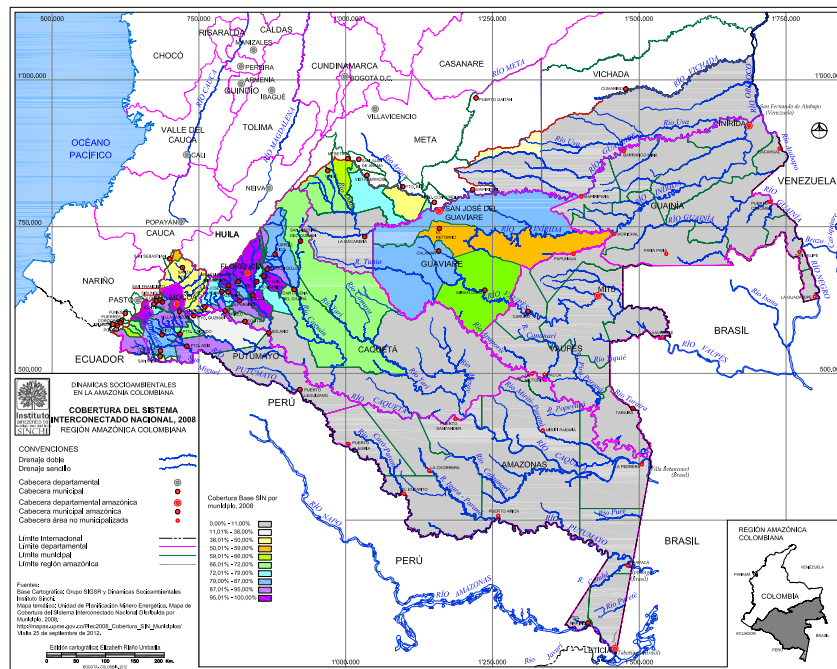
Suministro y consumo de energía eléctrica en la región Amazónica colombiana

La región Amazónica colombiana accede al servicio de energía eléctrica mediante dos modalidades dependiendo de su localización geográfica. Aquellos territorios próximos a las redes del Sistema Interconectado Nacional (SIN) se vinculan al mismo. En otros casos una vez establecida la demanda la red se amplía para cubrir los centros urbanos y áreas rurales no conectadas. En los territorios más distantes, principalmente en la Amazonía Suroriental, que no tienen acceso a la red del SIN se atiende mediante sistemas locales y aislados, con plantas diésel, sistemas solares fotovoltaicos y pequeñas centrales hidroeléctricas.

Sistema interconectado nacional en la región Amazónica

Los departamentos de Caquetá, Cauca, Guaviare, Meta, Nariño y Putumayo hacen parte del Sistema Interconectado Nacional (SIN) en la región Amazónica colombiana. En el departamento de Caquetá se incluyen las cabeceras municipales de 15 de sus 16 municipios. Los tres municipios del departamento del Cauca que hacen parte de la región Amazónica pertenecen al SIN, no obstante, para el análisis se excluye la cabecera de San Sebastián por hallarse fuera del territorio regional amazónico definido. En Guaviare, su capital y las cabeceras municipales de El Retorno y Calamar hacen parte del SIN, mientras que Miraflores aún esta fuera de este. En el Sur del departamento del Meta se encuentran interconectados los municipios de Mesetas, Puerto Concordia, Puerto Rico, San Juan de Arama, Uribe y Vistahermosa. Los seis municipios del departamento de Nariño que hacen parte de la región se encuentran interconectados, y para este análisis solo se consideran las áreas rurales, pues sus cabeceras municipales se localizan fuera de la región. Finalmente, el departamento de Putumayo se incorpora al SIN con la interconexión de 12 de sus 13 cabeceras municipales. Adicionalmente, parte del territorio rural de algunos de estos municipios y departamentos están fuera del SIN y son abastecidos mediante el servicio que se presta a las Zonas No Interconectadas. El área regional cubierta por el SIN esta en estrecha relación con el anillo de poblamiento amazónico (Figura 3-15).

Figura 3-15. Cobertura del Sistema Interconectado Nacional, 2008. Región Amazónica colombiana



3.2.3.1 Zonas No Interconectadas

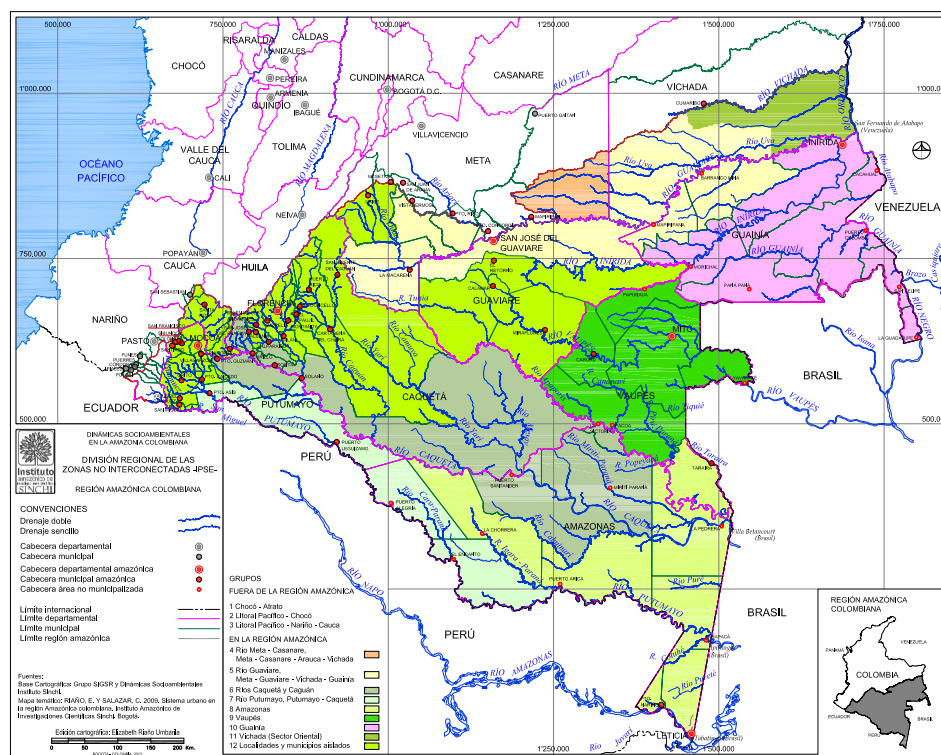
Las “Zonas No Interconectadas” de la región Amazónica son aquellas áreas que no se encuentran conectadas al Sistema Nacional de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica SIN y en dónde dicho suministro se realiza mediante sistemas locales y aislados, con plantas diesel, sistemas solares fotovoltaicos y pequeñas centrales hidroeléctricas. La atención se presta en centros urbanos cabeceras departamentales, cabeceras municipales, cabeceras de los Territorios especiales biodiversos y fronterizos y centros poblados de indígenas y campesinos en la región (inspecciones de policía, corregimientos municipales, localidades, caseríos y veredas).

En la región Amazónica colombiana nueve de los diez departamentos hacen parte de las Zonas No Interconectadas (ZNI), así: el territorio completo de los departamentos de Amazonas, Guainía y Vaupés y parcialmente el de los departamentos de Caquetá, Cauca, Guaviare, Meta, Putumayo y Vichada.

De los 483.164 km² de superficie de la región Amazónica colombiana, se calcula que están incluidos dentro de las Zonas No Interconectadas unos 342.414 km², equivalentes al 70,87% de la superficie regional y al 29,99% del territorio nacional. De acuerdo con el mapa 2 del Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas, el 64% del total de áreas no interconectadas se encuentran en la Amazonía colombiana. Este mapa se estructura en función de la accesibilidad, y así como el SIN, está en estrecha relación con la red vial terrestre, las regiones planteadas por el IPSE se asocian a la red vial fluvial y a la dificultad o facilidad de acceso a las regiones más apartadas (Figura 3-16).

De acuerdo con los datos reportados por el SUI de la superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, (2012) desde el año 2005 se ha incrementado el número de centros poblados atendidos en las áreas no interconectadas de las región Amazónica, lo cual adicionalmente, podría estar relacionado con reportes más detallados y mejores registros de la cobertura.

Figura 3-16. Regionalización de las Zonas No Interconectadas (IPSE). Región Amazónica colombiana



En el departamento de Amazonas se registró atención en 42 centros poblados para el año 2010, siendo los municipios de Leticia y Puerto Nariño donde se localiza el mayor número, 14 y 10 respectivamente. Los demás corresponden a las cabeceras de los territorios especiales biodiversos y fronterizos, en un número no superior a tres en cada entidad territorial.

En el departamento de Caquetá, se atendieron durante el periodo 2005-2010, 12 de los 16 municipios que lo conforman, principalmente las cabeceras municipales y algunos centros poblados y veredas. El mayor número de centros poblados atendidos (seis), se localiza en Cartagena del Chairá, Puerto Rico, San Vicente del Caguán y Solano.

En el departamento del Cauca se atendió al municipio de Santa Rosa muy distante del sistema interconectado nacional desde Popayán y desde Mocoa.

En el departamento de Guainía se atendió a la cabecera departamental Inírida, los centros poblados de este municipio (49 en 2010) y las cabeceras de siete de los Territorios especiales biodiversos y fronterizos (Barranco Mina, Cacahual, Mapiripana, Morichal, PanáPaná, Puerto Colombia y San Felipe).

En el departamento de Guaviare para el año 2005 se atendían 32 centros poblados, número que ha ido aumentando hasta llegar a 80 en 2010. Algunos centros poblados han sido conectados al SIN y se atienden nuevas localidades, localizándose el mayor número de estos centros en el municipio de San José del Guaviare, seguido de Miraflores, Calamar y El Retorno.

En el Sur del departamento del Meta seis de los nueve municipios que hacen parte de la región Amazónica colombiana pertenecen a las Zonas No Interconectadas. Son ellos La Macarena, Mapiripán, Puerto Concordia, Puerto Gaitán, Puerto Rico y Uribe. El mayor número de centros poblados atendidos se reporta en Mapiripán.

En el departamento de Putumayo cuatro municipios se incluyen dentro de las ZNI. Estos son Leguízamo, Puerto Asís, Orito y Puerto Guzmán. El mayor número de núcleos atendidos lo registra Puerto Asís (14) seguido de Leguízamo (nueve).

En el departamento de Vaupés el SIU reporta atención en las cabeceras de los tres municipios que lo conforman. El mayor número de localidades atendidas pertenece al municipio de Mitú, en Carurú se atienden 11 y en Taraira dos. No hay registro de atención en las cabeceras de Territorios especiales biodiversos y fronterizos de Pacoa, Papunaua y Yavaraté.

En el departamento de Vichada se encuentra el municipio de Cumaribo que en su parte Sur se integra a la región Amazónica colombiana. En 2005 fueron atendidos 17 núcleos urbanos y dos en 2010.

El número de localidades atendidas se ha incrementado desde 2005, pasando de 162 en dicho año a 302 en 2010, en toda la región. El mayor número de localidades atendidas en 2005 era reportado por el departamento de Putumayo, en 2006 y 2007 lo hacía Caquetá, en 2008 y 2009 Guainía y en 2010 Guaviare. El cambio en el número de localidades varía en función de la ampliación de la cobertura de las ZNI y la conexión de otras al SIN.

3.2.3.2 Consumo de energía eléctrica y número de usuarios en la región Amazónica

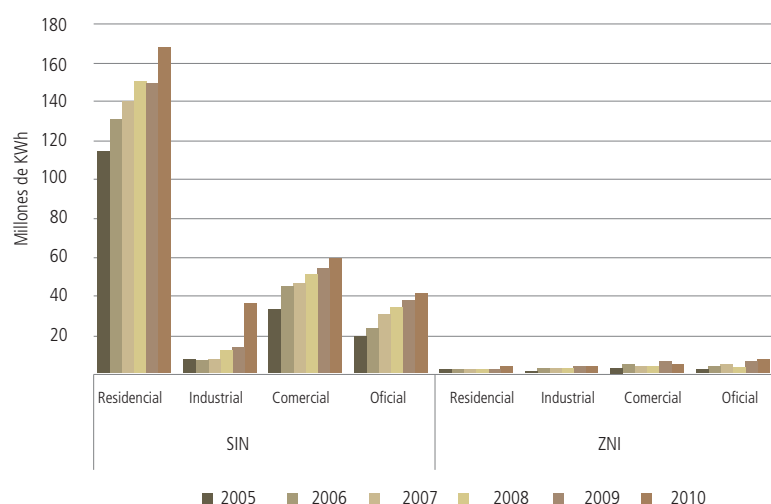
El valor total regional del consumo de energía eléctrica (KWh) y el número de usuarios para cada año del periodo 2005-2010 se obtiene mediante la sumatoria de dichos datos reportados para el SIN y las ZNI. Como se presenta en la Tabla 3-15 y Tabla 3-16 junto con la Figura 3-17 y la Figura 3-18.

Tabla 3-15. Consumo total de energía eléctrica en la región Amazónica colombiana por sector económico en SIN y ZNI, 2005-2010

MODALIDAD	Sector	Año					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
SIN	Residencial	114.998.211	130.802.730	141.093.539	150.881.479	149.757.746	168.473.853
	Industrial	7.949.176	7.334.591	7.702.731	11.867.671	13.598.680	37.056.804
	Comercial	33.266.475	44.633.230	46.669.866	51.169.213	54.623.693	58.955.061
	Oficial	18.994.563	23.713.944	31.158.708	34.415.945	37.600.938	41.617.749
ZNI	Residencial	2.272.358	2.498.338	2.575.061	2.873.799	2.838.369	4.116.284
	Industrial	1.601.282	3.346.774	3.177.379	3.538.324	3.938.685	4.161.029
	Comercial	3.209.153	5.430.945	4.602.821	3.805.173	6.749.460	5.320.359
	Oficial	2.594.341	4.526.137	4.872.424	3.577.854	6.917.152	7.370.953

Fuente: Datos reportados al Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2012), consultado en Base de Datos en Aspectos Sociales Inírida (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi), 2012). Procesamiento, grupo Dinámicas Socioambientales.

Figura 3-17. Región Amazónica. Consumo de energía eléctrica en (KWh año) en SIN y ZNI por sector económico, 2005-2010



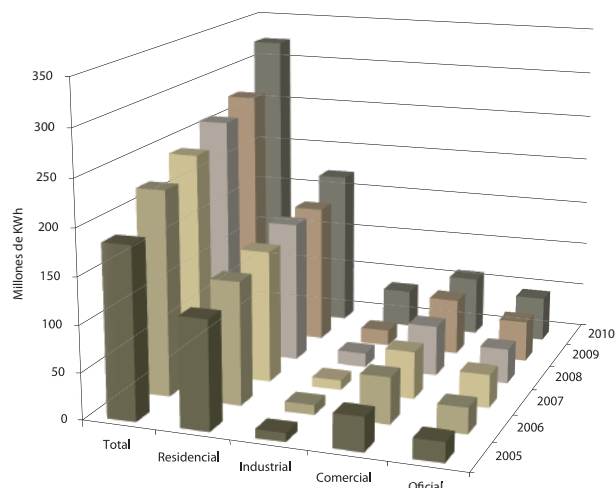
Al analizar el consumo total reportado en las áreas que hacen parte del SIN frente a los consumos reportados en las ZNI, se observa que en promedio durante el periodo 2005-2010 el consumo de las primeras fue equivalente al 93,71% del total mientras en las segundas fue de 6,29%. El sector residencial en las áreas del SIN consumió el 98,05% del total en dicho sector mientras que en las ZNI se consumió el 1,95%. En sector industrial consumió en promedio el 77,86% en las áreas del SIN y el 22,14% en las ZNI. El sector comercial del SIN consumió el 90,86% y en las ZNI el 9,14%. El sector oficial del SIN consumió el 86,41% y en las ZNI se consumió el 13,59%. La tendencia en la disminución del consumo residencial en relación con los otros sectores se mantiene en el total regional. El sector comercial mantiene una participación sostenida y superior a los sectores oficial e industrial que le siguen.

Tabla 3-16. Consumo total de energía eléctrica en la región Amazónica colombiana por sector económico, 2005-2010

Sector	Año					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total	184.885.559	222.286.689	241.852.529	262.129.458	276.024.723	327.072.092
Residencial	117.270.569	133.301.068	143.668.600	153.755.278	152.596.115	172.590.137
Industrial	9.550.458	10.681.365	10.880.110	15.405.995	17.537.365	41.217.833
Comercial	36.475.628	50.064.175	51.272.687	54.974.386	61.373.153	64.275.420
Oficial	21.588.904	28.240.081	36.031.132	37.993.799	44.518.090	48.988.702
Residencial	63,43%	59,97%	59,40%	58,66%	55,28%	52,77%
Industrial	5,17%	4,81%	4,50%	5,88%	6,35%	12,60%
Comercial	19,73%	22,52%	21,20%	20,97%	22,23%	19,65%
Oficial	11,68%	12,70%	14,90%	14,49%	16,13%	14,98%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Datos reportados al Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2012), consultado en base de datos en Aspectos Sociales Inirida (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi), 2012), Procesamiento, grupo Dinámicas Socioambientales.

Figura 3-18. Región Amazónica. Consumo de energía eléctrica total en (KWh año) por sector económico, 2005-2010



El consumo regional total comparado con el consumo nacional fue equivalente al 0,51% en 2005 y al 0,79% en 2010. Esto significa que en la región Amazónica colombiana el consumo de energía eléctrica no alcanza a ser el 1% del consumo nacional, dato relevante si se considera que la proporción de su territorio es del 42,3% del país.

En cuanto al número de usuarios se observa que en ambas modalidades de servicio el mayor número lo reporta el sector residencial, siendo proporcionalmente elevada la participación porcentual de aquellos que hacen parte del SIN. Adicionalmente, es el único sector en que crece la demanda pues se evidencia una reducción en el número de usuarios año a año en los sectores comercial y oficial, decayendo significativamente el industrial.

En promedio durante el periodo 2005-2010 el 85,97% de usuarios residenciales pertenecía al SIN y el 14,03% a las ZNI. El 98,41% promedio de los usuarios comerciales los reportó el SIN y el 1,59% las ZNI. El sector oficial reportó 46,7% de usuarios en el SIN y el 53,30% en las ZNI. El sector industrial es reportado 100% en el SIN. Tabla 3-17 y Tabla 3-18, junto con la Figura 3-19 y Figura 3-20.

Tabla 3-17. Número total de usuarios de energía eléctrica en la región Amazónica colombiana por sector económico en SIN y ZNI, 2005-2010

MODALIDAD	Sector	Año					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
SIN	Residencial	109.297	156.052	133.341	144.800	139.982	244.143
	Industrial	313	298	328	321	312	183
	Comercial	9.783	13.632	10.524	11.504	11.457	8.840
	Oficial	1.596	1.601	1.430	1.630	1.577	1.455
ZNI	Residencial	27.086	26.495	21.446	19.083	23.891	26.307
	Comercial	143	180	69	146	204	286
	Oficial	2.869	1.962	1.621	1.460	1.666	1.384

Fuente: Datos reportados al Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2012), consultado en Base de Datos en Aspectos Sociales Inirida, (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, 2012). Procesamiento, grupo Dinámicas Socioambientales.

Figura 3-19. Región Amazónica colombiana. Número total de usuarios por sector económico SIN y ZNI, 2005-2010

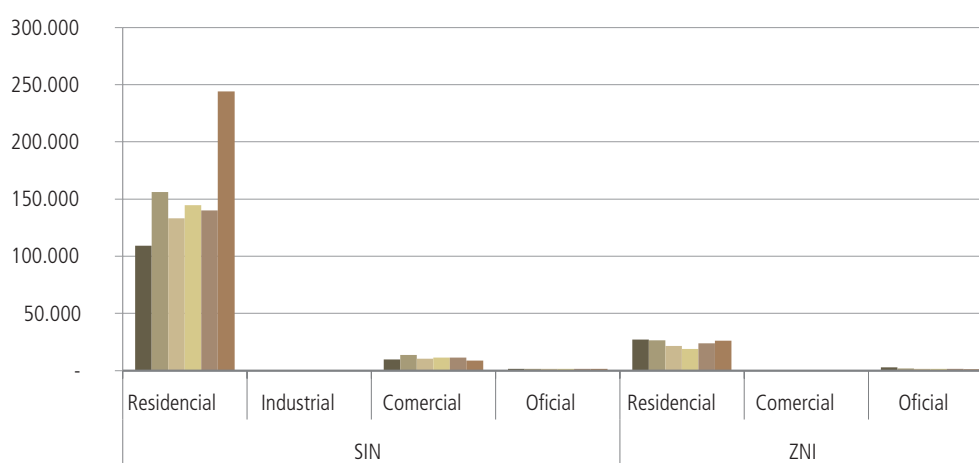
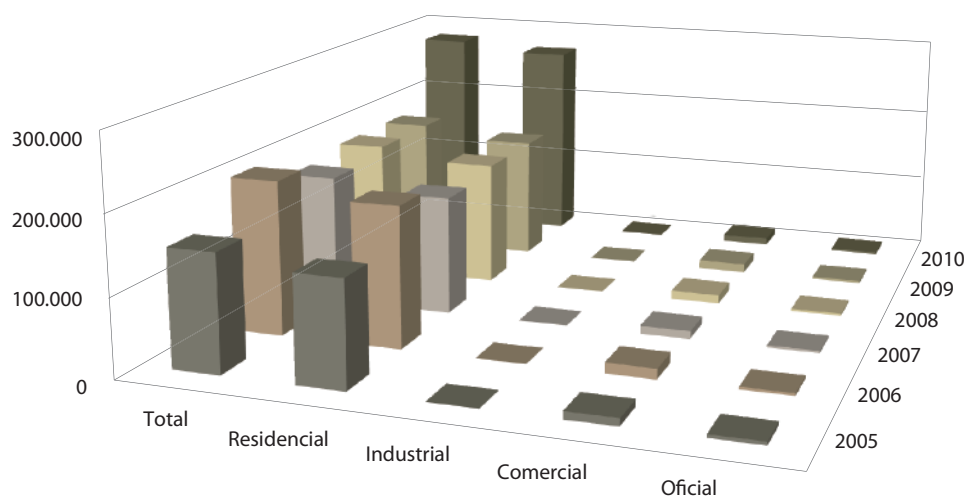


Tabla 3-18. Número total usuarios del servicio de energía eléctrica en la región Amazónica colombiana por sector económico, 2005-2010

Sector	Año					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total	151.087	200.220	168.759	178.944	179.089	282.598
Residencial	136.383	182.547	154.787	163.883	163.873	270.450
Industrial	313	298	328 w	321	312	183
Comercial	9.926	13.812	10.593	11.650	11.661	9.126
Oficial	4.465	3.563	3.051	3.090	3.243	2.839
Residencial	90,27%	91,17%	91,72%	91,58%	91,50%	95,70%
Industrial	0,21%	0,15%	0,19%	0,18%	0,17%	0,06%
Comercial	6,57%	6,90%	6,28%	6,51%	6,51%	3,23%
Oficial	2,96%	1,78%	1,81%	1,73%	1,81%	1,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Datos reportados al Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2012), consultado en Base de Datos en Aspectos Sociales Inírida, (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, 2012). Procesamiento, grupo Dinámicas Socioambientales.

Figura 3-20: Región Amazónica Colombia. Número total de usuarios por sector económico, 2005-2010



El número de usuarios totales en la región representó el 1,81% del total nacional en 2005 y para el año 2010 su participación se redujo a 1,32%. Esto porque el número de usuarios nacionales creció más que el número regional

Consumo de energía eléctrica habitante en la región Amazónica colombiana

La cantidad de energía eléctrica consumida es un indicador de fuerza motriz. Teniendo en cuenta que el camino de la sostenibilidad, está estrechamente ligado a un profundo cambio en las formas de producción y consumo de energía, este requiere ser monitoreado y evaluado permanentemente (Ayuso Álvarez y otros, 2009). Por ello se presenta a continuación el indicador consumo de energía eléctrica por habitante, definido como la relación existente entre el consumo de energía eléctrica realizado por la población de un territorio en un tiempo determinado, esto porque en la forma de ocupación de un territorio, incide de manera importante la fuente generadora de energía eléctrica y el consumo de esta realizado por los habitantes. (Tabla 3-19).

Tabla 3-19. Consumo total de energía eléctrica por habitante en la región Amazónica colombiana, 2005-2010

Sector	Año					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Consumo KWh	184.885.559	222.286.689	241.852.529	262.129.458	276.024.723	327.072.092
Población	1.201.000	1.216.921	1.232.555	1.248.301	1.264.245	1.280.358
Consumo per cápita	153,94	182,66	196,22	209,98	218,33	255,45

Fuente: Datos reportados al Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2012) y las Proyecciones de Población (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2012) consultado en Base de Datos en Aspectos Sociales Inírida (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi), 2012). Procesamiento, grupo Dinámicas Socioambientales.

Al analizar la Tabla 3-19 se observa el crecimiento constante del consumo total de energía eléctrica por habitante en la región Amazónica, considerando la sumatoria de los consumos en las dos modalidades con que se atiende la población regional (SIN y ZNI). En 2005 se registraba un consumo 153,94 KWh/habitante mientras que en 2010 este valor llegó a 255 KWh/habitante. Este indicador cobra relevancia si se compara con los valores calculados para Colombia. Así, en 2005 el consumo por habitante reportado para el país fue de 845,92 KWh y en 2010 fueron 909,01 KWh por habitante. De esta forma se observa que el consumo regional fue 5,4 veces menor al nacional en 2005 y 3,55 veces menor en 2010. Esto da indicio de la tendencia creciente al mayor consumo regional.

3.2.3.3 En torno al uso sostenible de la energía eléctrica en la Amazonía colombiana

El uso de la energía eléctrica es esencial en la vida moderna del hombre quien para satisfacer sus necesidades básicas requiere de cantidades energéticas mínimas. Utilizarla de manera correcta disminuyendo los desperdicios e impactos sobre el medio ambiente constituye un parámetro importante en el ejercicio de la ciudadanía. El consumo residencial como se observó fue responsable del 52,77% del consumo total de energía en 2010 en la Amazonía colombiana. Por ello representa un gran potencial de optimización energética, particularmente si se considera el uso de nuevos materiales, equipamientos, conceptos arquitectónicos y tecnología constructiva. Es necesario incentivar el uso eficiente de la energía y los recursos naturales tales como el agua, la ventilación y la energía solar en las edificaciones mediante acciones encaminadas al cumplimiento de este objetivo. Entre las acciones pueden citarse:

- Formular requisitos mínimos para una arquitectura más integrada al medio ambiente y los recursos naturales.
- Generar indicadores de eficiencia energéticas en edificaciones.
- Certificar materiales y equipamientos.
- Desarrollar proyectos educativos y de interés social.

El ejemplo debe comenzar con los proyectos de vivienda de interés social generados por el propio Estado. Debe aprovecharse el conjunto de recursos ambientales existentes de forma que se reduzcan o minimicen los costos de inversión, mantenimiento y operación, garantizando principalmente el confort ambiental de estas edificaciones, la cuales tienen efecto directo sobre la salud y la productividad de sus moradores.

Se aspira a la producción de una arquitectura que aproveche al máximo las condiciones bioclimáticas existentes en el lugar donde se construirán los proyectos, atenuando los aspectos negativo y potenciando los positivos. Para ello es primordial conocer las especificidades climáticas y culturales de cada región, de las rutinas de uso de la construcción y el perfil de los usuarios ya sean rurales o urbanos, con el fin de garantizar la atención de sus necesidades básicas en cuanto a iluminación, ventilación, agua caliente, refrigeración entre otras, al menor costo y con mayor eficiencia energética y calidad ambiental.

Es imprescindible que estos conocimientos sean aplicados en todas las etapas de la concepción de los proyectos, desde el urbanismo, la topografía, el diseño arquitectónico (volumetría y espacios interiores), escogencia de los materiales, dimensionamiento y protección externa de aberturas y cubiertas, etc. Todo el conjunto de acciones hará que el resultado sea la mejoría en el desempeño energético y la calidad habitacional de dichos proyectos y en el caso de la Amazonía colombiana puede apoyar la construcción de un “modelo de ciudad amazónica”.

3.3 Deforestación evitada

La inserción de mecanismos de mercado en la gestión ambiental ha permitido alcanzar importantes logros en la conservación de recursos naturales. La importancia de los MDL no se restringe exclusivamente a los valores transados en mercado, sino en las expectativas que se generan en torno a acciones de incorporación de valor. La deforestación evitada, en este sentido se puede entender como un grupo de acciones que generaran valor económico que puede ser incremental en la medida en que las necesidades de captura de CO₂ se hagan más notorias en los años subsiguientes.

La estimación y el conocimiento sobre las tendencias de las emisiones de Dióxido de Carbono asociada a la conversión de bosques y los balances sobre las reservas potenciales de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques naturales de Colombia son fundamentales en la aplicación de tales mecanismos de mercado y en el desarrollo de las medidas de adaptación del país hacia los próximos años.

3.3.1 Estimación de emisiones de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e) por la Conversión de bosques naturales a praderas, durante los periodos 2000-2005 y 2005-2010¹¹

(Autores: Adriana Patricia Yepes Quintero, Diego Alejandro Navarrete, Juan Fernando Phillips, Álvaro Javier Duque, Edersson Cabrera, Diana Marcela Vargas, Gustavo Galindo, María Claudia García Dávila y María Fernanda Ordóñez Castro. Proyecto REDD - IDEAM)

Durante los últimos cincuenta años la transformación de los ecosistemas tropicales, causada principalmente por procesos de deforestación y expansión de la frontera agropecuaria, ha ocasionado impactos sin precedentes en la biodiversidad, el clima y otros servicios ecosistémicos (Upadhyay, Solberg & Sankhayan, 2006), (Uriarte, Schneider & Rudel, 2010). Alrededor de 35% del dióxido de carbono (CO₂) producido por actividades humanas, se deriva de los cambios en el uso y cobertura de la tierra. Al respecto, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) estima que para la década del noventa, aproximadamente 20% de las emisiones globales de gases con efecto invernadero (GEI), contabilizadas en 1,6 Gt de toneladas de carbono anuales, se produjeron como consecuencia de la deforestación en zonas tropicales (UNFCCC & SBSTA, 2006; CAN, 2007; IPCC, 2007; Parker, Mitchell, Trivedi & Mardas, 2009).

En Colombia, por ejemplo, los bosques de tierras bajas han sido transformados substancialmente, como lo evidencia la cifra de reducción neta aproximada del 15% desde 1970 calculada por (Etter, 1998). Estimados recientes (Cabrera, y otros, 2011) indican que durante el periodo 2000-2005 la cobertura de bosque natural en Colombia fue transformada principalmente, hacia coberturas de pastos (39,7%) y vegetación secundaria (35,1%). Esta mista tendencia se observó más acentuada para el periodo 2005-2010, donde la conversión de bosques naturales a coberturas de pastos fue de 55,5%, mientras que el cambio hacia vegetación secundaria representó 20,2%. Estas conversiones tienen asociadas emisiones netas de CO₂e, que fueron estimadas a partir de los contenidos de carbono almacenados en bosques naturales (Phillips, y otros, 2011) y otras coberturas (Yepes, Navarrete, Phillips, Duque & García, 2010). En este documento se muestran los resultados de las emisiones provenientes de la conversión de bosques naturales a praderas.

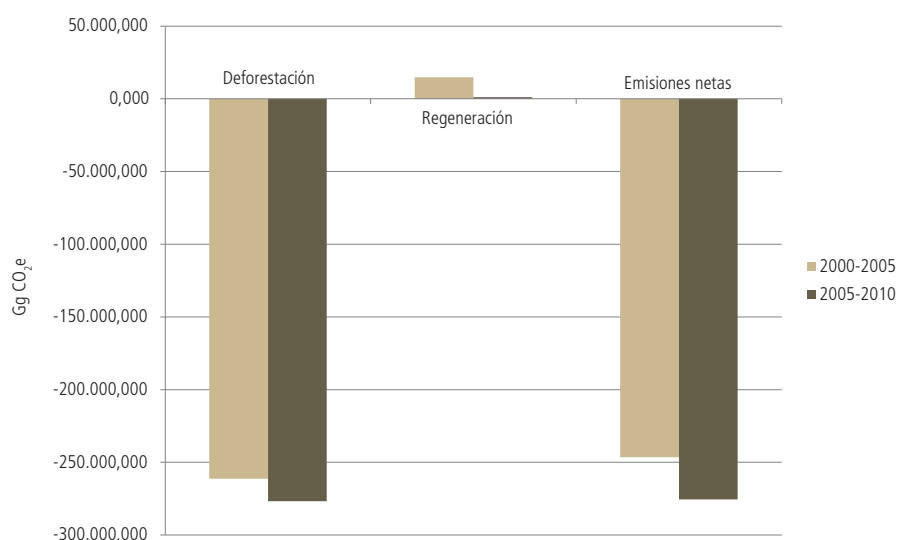
En los cálculos de las emisiones resultantes de la conversión de bosques naturales a praderas, se consideraron los siguientes datos: categorías de uso de la tierra, Cambios en las coberturas, datos de biomasa aérea, factores de emisión y gases de efecto invernadero.

¹¹ Yepes, A., Navarrete D.A., Phillips J.F., Duque, A.J., Cabrera, E., Vargas, D.M., Galindo, G., García, M.C. y Ordóñez, M.F. Estimación de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) por la conversión de bosques naturales a praderas, durante los periodos 2000-2005 y 2005-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá D. C., Colombia.

Para el periodo 2000-2005 se perdieron 625.585,59 hectáreas de bosques naturales por conversión a pastos, y 19.256 hectáreas por conversión a herbazales, mientras que hubo regeneración de 35.763,75 hectáreas por paso de pastos hacia bosques naturales, y de 2.991 hectáreas, por paso de herbazales hacia bosques naturales. Lo anterior equivale a unas emisiones netas (lo emitido por deforestación menos lo capturado por regeneración) de 246.498.452,1 t CO₂e, es decir, 49.299,69 Gg CO₂e año⁻¹¹² (Figura 3-21).

Durante el periodo 2005-2010, se perdieron en total 683.183,70 hectáreas de bosques naturales por la conversión a praderas; de estas, 663.696,5 hectáreas pasaron a ser pastos y 19.487,2 hectáreas a ser herbazales, mientras que solo se regeneraron en total 3.236,9 hectáreas. Las emisiones netas para este periodo fueron de 275.499.451,69 t CO₂e, es decir, 55.099,89 Gg CO₂e año⁻¹ (Tabla 3-20). De los resultados anteriores, se puede deducir, que durante el periodo 2005-2010 se emitieron 29.001,00 Gg CO₂e año⁻¹, con respecto a lo emitido durante el periodo 2000-2005 (Figura 3-21).

Figura 3-21. Emisiones netas de CO₂e durante los periodos 2000-2005 y 2005-2010



De otro lado, aunque las emisiones netas de CO₂e provenientes de la conversión de bosques naturales a praderas son aparentemente altas, corresponden al 0,91% y 1,02% de la cantidad de CO₂e almacenada en la vegetación durante ambos periodos (27.020.047.390,77 t CO₂e para 2000-2005 y 27.028.610.952,10 t CO₂e para 2005-2010), y que no fueron emitidas a la atmósfera. Los anteriores resultados de almacenamiento de carbono, y por ende de CO₂e, aunque no contrarrestan directamente las emisiones generadas en por conversión de bosques a praderas durante dichos periodos, sí demuestran que la conservación o el manejo sostenible de los bosques podría ser un mecanismo de mitigación importante para evitar las emisiones de CO₂e que ocurren como consecuencia de la deforestación y/o degradación. Adicionalmente, es importante destacar que la aparente tendencia al aumento en la conversión de bosques a praderas durante los últimos cinco años, es un proceso que requiere seguimiento y control, con el fin de contrarrestar los efectos adversos que estas prácticas tienen sobre los bienes y servicios de los ecosistemas boscosos, así como sus consecuencias sobre el sistema climático global.

¹² 1 Gg (giga-gramo) equivale a 1000 toneladas o 1 kilo tonelada.

Tabla 3-20. Cálculo de emisiones netas por la conversión de bosques naturales a praderas (deforestación) y regeneración de praderas a bosques naturales durante los periodos 2000-2005 y 2005-2010

Categorías	Cobertura	Deforestación (ha)		Regeneración (ha)		Emisiones deforestación (t O ₂ e)		Capturas regeneración		Emisiones netas (t O ₂ e)	
		2000-2005	2005-2010	2000-2005	2005-2010	2000-2005	2005-2010	2000-2005	2005-2010	2000-2005	2005-2010
Praderas	Pastos	625,5 85,59	663,6 96,5	35,76 3,75	3,17 0,9	255.564 065,2	269.931 882,5	13,603 030,2	1.180 959,1	241.961 035,0	268.750 923,4
	Herbazales	19,05 3,90	19,48 7,2	2.991 33	66,1	5.167.33 9,8	6.77364 8.0	1.223.9 22.7	25.119 8	4.537.4 0,8	6.748.52 8,2
Total		644,6 39,49	683,1 83,70	38,75 5,08	3,23 6,9	261.325 404,99	276.705 530,52	14.826 952,9	1.026 078,8	246.498 452,1	275.499 451,69

3.3.2 Reservas potenciales de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques naturales de Colombia

(Colaboradores: Juan Fernando Phillis, Álvaro Javier Duque, Kenneth Roy Cabrera Torres, Adriana Patricia Yepes Quintero, Diego Alejandro Navarrete Encinales, María Claudia García Dávila, Esteban Álvarez Dávila, Edersson Cabrera, Dairon Cárdenas, Gustavo Galindo, María Fernanda Ordóñez, María Liseth Rodríguez y Diana Marcela Vargas.)

El último informe del IPCC ha sido enfático en señalar la importancia de determinar los contenidos de carbono almacenados en la biomasa de los bosques naturales, aunque esto requiera todavía el desarrollo de métodos científicos que permitan estimar adecuadamente la distribución de la biomasa en diferentes escalas espaciales, y las incertidumbres asociadas (Defries, y otros, 2007), (Gibbs H., 2006), (Pearson T., 2005). Hasta ahora las estimaciones que se han hecho a escalas nacionales son gruesas con grados de incertidumbre altos) (Achard F. D.-J., 2007).

Durante el año 2011 el IDEAM en el marco del proyecto "*Capacidad Institucional Técnica y Científica para apoyar proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación REDD en Colombia*"¹³, realizó la estimación de las reservas potenciales de carbono en los bosques naturales de Colombia, a partir de información generada en 3.512 levantamientos florísticos e inventarios forestales realizados en parcelas de diferente tamaño, establecidas en las últimas dos décadas en el país (1990-2011), que equivale a un área muestreada de ca. 844 hectáreas.

Los resultados muestran que la biomasa aérea de los bosques naturales del país varía entre $96,2 \pm 30,4 \text{ t ha}^{-1}$ y $295,1 \pm 96,1 \text{ t ha}^{-1}$. Respecto al carbono almacenado en la biomasa aérea, éste varía entre $48,1 \text{ t C ha}^{-1}$ y $147,5 \text{ t C ha}^{-1}$ (Tabla 3-21 y Figura 3-22).

La estimación de contenidos o reservas totales de carbono empleando un nivel de detalle intermedio (Tier¹⁴ 2, según el IPCC 2006), muestra que el potencial total de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques naturales de Colombia asciende a $7.144.861.815 \text{ t C}$ (equivalente a $26.221.642.861 \text{ t CO}_2\text{e}$) empleando la leyenda por zonas de vida de Holdridge, con una incertidumbre asociada de 14,6%. Este valor se encuentra dentro del rango reportado para los bosques de Colombia (2.529–11.467

¹³ Proyecto financiado por la Fundación Gordon y Betty Moore; y ejecutado por: IDEAM, MAVDT y Fundación Natura.

¹⁴ Tier (en inglés) hace referencia al nivel de complejidad metodológica. Las directrices del IPCC (2006), brindan recomendaciones sobre los métodos de estimación en tres niveles de detalle: Tier 1 (por defecto) es el método básico, Tier 2 el intermedio y Tier 3 el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos.

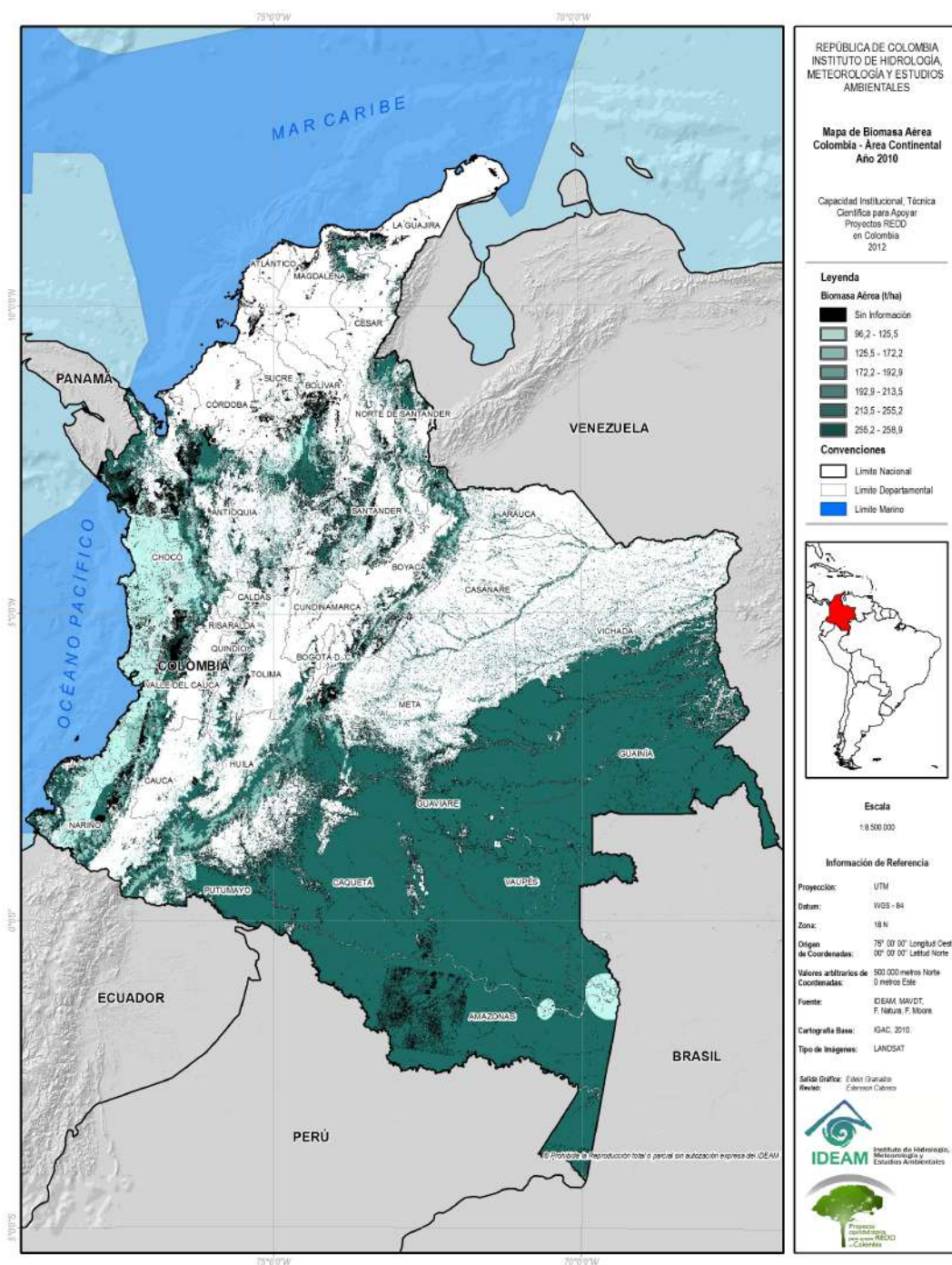
millones de t C) en otros estudios (Olson, Watts & Allison, 1983), (Gibbs H., 2006) (Gibbs, Brown, Niles & Foley, 2007), y se acercan a los reportados recientemente por (Cardona, Alarcón & Anzola, 2001), (IDEAM, 2009) y (Phillips y otros, 2011).

Tabla 3-21. Resultados de la estimación de la biomasa aérea y contenido de carbono almacenado en bosques naturales de Colombia por zona de vida (IDEAM 2005)

Tipo de bosque	Cod.	Ext	BAj	I.C	t BA	tC ha ⁻¹	t C	t CO ₂ e
Bosque muy seco tropical	bms-T	55.814	98,2	44,1	5.478.284	49,1	2.739.142	10.052652
Bosque seco tropical	bs-T	565.621	96,2	30,4	54.401.153	48,1	27.200.576	99.826.115
Bosque húmedo tropical	bh-T	44.343.684	264,1	29,8	11.711.627.506	132,1	5.855.813.753	21.490.836.473
Bosque muy húmedo tropical	bmh-T	5.514.120	165,0	32,9	909.995.979	82,5	454.997.990	1.669.842.622
Bosque pluvial tropical	bp-T	206.147	172,2	39,5	35.501.277	86,1	17.750.638	65.144.843
Bosque seco premontano	bs-PM	4.451	140,7	42,0	626.220	70,3	313.110	1.149.114
Bosque húmedo premontano	bh-PM	987.370	114,1	73,8	112.652.857	57,0	56.326.428	206.717.993
Bosque muy húmedo premontano	bmh-PM	2.217.396	182,9	48,8	405.640.205	91,5	202.820.103	744.349.777
Bosque pluvial premontano	bp-PM	565.600	213,5	47,8	120.762.271	106,8	60.381.135	221.598.766
Bosque seco montano bajo	bs-MB	19.145	216,0	52,0	4.135.731	108,0	2.067.865	7.589.066
Bosque húmedo montano bajo	bh-MB	1.357.183	295,1	96,1	400.439.288	147,5	200.219.644	734.806.094
Bosque muy húmedo montano bajo	bmh-MB	1.411.289	260,1	19,7	367.060.347	130,0	183.530.173	673.555.736
Bosque pluvial montano bajo	bp-MB	109.803	105,3	9,4	11.559.130	52,6	5.779.565	21.211.004
Bosque húmedo montano	bh-M	25.713	145,5	17,3	3.740.772	72,7	1.870.386	6.864.316
Bosque muy húmedo montano	bmh-M	861.919	125,5	22,0	108.142.595	62,7	54.071.298	198.441.662
Bosque pluvial montano	bp-M	356.666	106,4	7,5	37.960.016	53,2	18.980.008	69.656.629
Total		58.601.922	243,8	35,5	14.289.723.630	121,9	7.144.861.815	26.221.642.861

Convenciones: Cod. = Código asignado al tipo de bosque; Ext. = Extensión del bosque en Colombia (ha); BAj = Promedio de biomasa aérea (t ha⁻¹); I.C.= Intervalo de confianza calculado para el promedio de biomasa aérea ($\alpha=0,05$) (t ha⁻¹); t BA = Biomasa aérea total estimada para cada bosque (t); t C ha⁻¹ = promedio de carbono (t ha⁻¹); t C = total de carbono (t); t CO₂e = dióxido de carbono equivalente (t).

Figura 3-22. Distribución de la biomasa aérea en bosques naturales en Colombia empleando la leyenda de estratificación basada en las zonas de vida de Holdridge (sensu IDEAM 2005)



3.4 Bibliografía Capítulo Deforestación

Achard, F. D.-J. (2007). *Pan-tropical monitoring of deforestation. Environ. Res. Lett.* 2: 045022.

Achard, F., Eva, H., Glinni, P., Richards, T., Mayaux, P. & Stibig, H. J. (1998). *Identification of Deforestation Hot-Spot Areas in the Humid Tropics*. Luxembourg: Trees publications.

Achard, F., Eva, H., Stibig, H. J., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T., y otros. (2002). *Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. Science* 297, 999-1002.

Anaya, J. A., Chuvieco, E. & Palacios-Orueta, A. (2009). *Aboveground biomass assessment in Colombia: A remote sensing approach. Forest Ecology and Management* 257: 1237-1246.

Armenteras, D. & otros (2006). *Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. Ecological Indicators*. 6, 353-368.

Ayuso Álvarez, A. M., Carvalho Cantergiani, C., Cruz Leiva, J. L., Delgado Jiménez, A., Landa Ortiz de Zárate, L., López Hernández, I. y otros (2009). *Sostenibilidad Local. Una aproximación urbana y rural. Observatorio de la sostenibilidad en España OSE*.

Cabrera, E. & Ramírez, D. (2007). *Estado actual y cambio en los ecosistemas de los Andes Colombianos: 1985-2005. pp. 39-63. En D. y Armenteras, & D. C. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá (Ed.), Monitoreo de los ecosistemas andinos 1985-2005: Síntesis y perspectivas. (Vols. ISBN 978-958-8343-12-9. Contribución IAvH #403, pág. 174 p.).*

Cabrera, E., Vargas, D. M., Galindo, G., García, M. C., Ordóñez, M. F., Vergara, L. y otros (2011). *Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional – escalas gruesa y fina. (M. e I. Instituto de Hidrología, Ed.) Bogotá D. C., Colombia. 106 p. ISBN: 978-958-8067-46-9.*

CAN (2007). *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD)*.

Cardona, M. C., Alarcón, J. C. & Anzola, A. (2001). *Metodología para la estimación de la biomasa aérea y contenido de carbono en bosques. (M. e I. Instituto de Hidrología, Ed.)*

Condit, R. (1998). *Tropical forest census plots. Berlin: Springer-Verlag.*

Defries, R., Achard, F., Brown, S., Herold, M., Murdiyarso, D., Schlamadinger, B. y otros (2007). *Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries. Environmental Science & Policy* 10: 385–394.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE (2012). *Sitio web del DANE. Recuperado el 1° de octubre de 2012, de Estimaciones y proyecciones de población: www.dane.gov.co*

Domínguez, C. (2001). *¿Se urbaniza la Amazonía? El anillo de poblamiento amazónico. Iniciativa Amazónica, Revista Trimestral de los países de la Amazonía (1).*

Etter, A. (1998). *Mapa General de Ecosistemas de Colombia (1:2000000). En M. Chaves & N. Arango, eds. Informa Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia.(A. v. Humboldt., Ed.) Bogotá, Colombia.*

- Etter, A., Calpin, C., Phinn, S., Pullar, D. & Possingham, H. (2006). Characterizing a tropical deforestation wave: a dynamic spatial analysis of a deforestation hotspot in the Colombian Amazon. *Global Change Biology*. 2006-12, 1409-1420, doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01168.x.
- Etter, A., McAlpine, C., Pullar, D. & Possingham, H. (2006a). Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of environmental management* 79:74-87. Recuperado agosto 9, 2010.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S. & Possingham, H. (2006b). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114:369-386. Recuperado agosto 9, 2010.
- Fearnside, P. M. & Laurance, A. F. (2004). *Tropical Deforestation and greenhouse gas emissions*. *Ecological Applications*, 986.
- Ferrer, M. (1992). *Sistemas urbanos: los países industrializados del hemisferio norte e Iberoamérica*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Francois, J. & Sandoval, C. (2000). Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida "Los Petenes". *Boletín del Instituto de Geografía UNAM*. Mexico: UNAM.
- Geist, H. J. & Lambin, E. F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 150.
- Gibbs, H. K., Brown, B., Niles, J. O., & Foley, J. A. (2007). 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environ. Res. Lett.* 2: 045023 (13pp) -doi:10.1088/1748-9326/2/4/045023.
- Gibbs, H. (2006). Olson's major world ecosystem complexes ranked by carbon in live vegetation: an updated database using the GLC2000 land cover product NDP-017b available at. Obtenido de from the Carbon Dioxide Information Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.: <http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/ndp017/ndp017b.html>
- González, J. J., Etter, A. A., Sarmiento, A. H., Orrego, S. A., Ramírez, C., Cabrera, E. y otros. (2011). Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá Colombia.
- Grau, H. R. & Aide, M. (2008). 2008. Globalization and land-use transitions in Latin America. *Ecology and Society* 13:16. Recuperado agosto 19, 2010.
- Gutiérrez, F., Acosta, L. & Salazar, C. (2003). *Perfiles Urbanos en la Amazonía colombiana*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).
- Holm L; Pancho, J; Herberger, J. y Plucknett, D. (1979). *Geographical Atlas of World Weeds*. Wiley-Interscience Publications.
- Houghton, R. A. (2005). Tropical Deforestation as a source of greenhouse gas emissions. En M. a. Schwartzman, *Tropical deforestation an climate change* (págs. 13-21). Belém, Brazil: Instituto de Pesquisa Ambiental de Amazonia.
- IAvH, IDEAM, IIAP, Invemar, Sinchi (2011). *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá D.C.

IDEAM (2009). *Análisis y estimaciones de Carbono-Tier 1. En IDEAM Informe de resultados. Proyecto "Capacidad Institucional Técnica Científica para apoyar Proyectos REDD: Reducción de Emisiones por Deforestación en Colombia".* Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territo (18 pp.). Bogotá D.C., Colombia.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. (2012). Portal Instituto Sinchi. Obtenido de Inírida, Base de datos en Aspectos Sociales: <http://sinchi.org.co/inirida/sinchi/consultas/inicio.php>

IPCC (2007). *Climate change: the physical science basis.* (Cambridge University Press, Ed.) Cambridge, UK.

Laake, V. & Sánchez-Azofeifa. (2004). *Focus on deforestation: zooming in on hotspots in Highly fragmented ecosystems in Costa Rica. Agriculture Ecosystems and Environment.* 102 (2004) 3-15.

Mayaux, P., Holmgren, P., Achard, F. & Eva, H. (2005). Stibig H.J. and Branthomme A. 2005. *Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring.* Obtenido de Published online 28 February 2005.

McGarigal, K., Cushman, M., Neel, C. & Ene, E. (2002). *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps.* Amherst: University of Massachussets.

Mendoza, A. (2007). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.*

Murcia, G.U.G.; Huertas C, Rodríguez JM, Castellanos HOA. (2010). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonía colombiana, datos del año 2007.* Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Olson, J. S., Watts, J. A. & Allison, L. J. (1983). *Carbon in live vegetation of major world ecosystems ORNL-5862.* Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory.

Parker, C., Mitchell, A., Trivedi, M. & Mardas, N. (2009). *The Little REDD+ Book An updated guide to governmental and non-governmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation.* (Global Canopy Foundation, Ed.) Oxford, UK.

Pearson T., S. W. (2005). *Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects.* BioCarbon Fund - Winrock International.

Phillips, J. F., Duque, A. J., Cabrera, K. R., Yepes, A. P., Navarrete, D. A., Álvarez, E. y otros (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. En M. e I. Instituto de Hidrología (Ed.).* Bogotá D. C., Colombia.

Riaño, E., & Salazar, C. (2009). *Sistema Urbano en la Región Amazónica Colombiana. Análisis de la Organización e Integración Funcional.* Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Rudas Lleras, A. & Prieto Cruz, A. (2005). *Florula del Parque Nacional Natural Amacayacu Amazonas Colombia.* St Louis- Bogotá: Missouri Botanical Garden – Universidad Nacional de Colombia.

Salazar, C., Gutiérrez, F. & Franco, M. (2006a). *Guainía en sus asentamientos humanos.* Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Salazar, C., Gutierrez, F. & Franco, M. (2006b). *Vaupés: entre la colonización y las fronteras*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Sánchez-Azofeifa, G., Skole, D. & Chomentowski, W. (1998). *Sampling Global deforestation database: the role of persistence. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2, 177-189.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2012). *Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI*. Obtenido de Consulta de Información Energía: http://reportes.sui.gov.co/reportes/SUI_ReporteEnergia.htm

UNFCCC & SBSTA (2006). *Issues relating to reducing emissions from deforestation in developing countries and recommendations on any further process*.

Upadhyay, T. P., Solberg, B. & Sankhayan, P. L. (2006). *Use of models to analyse land-use changes, forest/soil degradation and carbon sequestration with special reference to Himalayan region: A review and analysis. Forest Policy and Economics*, 9(4), págs. 349.

Uriarte, M., Schneider, L. & Rudel, T. (2010). *Synthesis: Land Transitions in the Tropics. Biotropica*, 42(1), pp. 59-62.

Velázquez, E. (2001). *Pteridium, un género de helechos muy particular. Laboratorio de plantas vasculares. Mexico: Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*.

Yepes, A., Navarrete, D., Phillips, J., Duque, A. & García, M. C. (2010). *Estimaciones preliminares de contenido de carbono en bosques de Colombia. Pp. 62-64. En: IDEAM, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia, bosques 2009. Bogotá, D. C., Colombia*.

Zamora, N; Jiménez, Q. y Poveda, L. (2004). *Árboles de Costa Rica Vol III. Centro Científico Tropical, Conservación Internacional & Instituto Nacional de Biodiversidad. Ed. Inbio*.

Zoido, F. & Aduar, G. (2000). *Diccionario de geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio. Barcelona: Editorial Ariel, S. A.*

4 Estado de los ecosistemas continentales y biodiversidad en Colombia.

Registros oficiales y Sistema de información



Mapa de Indicadores sobre Estado de Ecosistemas y Biodiversidad (Registros Nacionales y Sistema de Información)

Biodiversidad	Número de especies por grupo biológico, distribución de especies (número de taxones-especies/Departamento-Región).
Ecosistemas	Número de biomas o ecosistemas.
Especies amenazadas	Número y densidad de especies amenazadas (vulnerables, en peligro, en peligro crítico).
Especies invasoras	Número de especies introducidas por grupo biológico.
Usos de la biodiversidad	Número de especies de grupos biológicos aprovechadas para consumo.
Distribución población colombiana en los biomas	Densidad de la población (habitante por km ²) por municipios /bioma, número de habitantes/bioma, área total biomas (km ²) , área cobertura transformada del bioma (km ²) y % bioma transformado.
Registros biológicos (SiB)	Número de registros/nodo de datos, número de conjuntos de datos/Año, número de registros biológicos/Año, conjunto de datos por nodos de datos, número registros biológico por grupos de organismos/Departamento-municipio/Año, número de taxones-especies-/Departamento-municipio/Año, número de registros/rango altitudinal, número de registros de especies amenazadas/Departamento/Periodo y número de especies amenazadas/grupo biológico.
Registro Nacional de Colecciones Biológicas	Número de colecciones registradas, número de ejemplares registrados en colección/% determinación taxonómica.
Metadatos de información sobre biodiversidad	% área de influencia de las instituciones documentan metadatos, número -% de metadatos/Región-Departamento, número de metadato/tipo, número de metadato/ecosistema general, número de metadato/nodo.

Las condiciones biofísicas del territorio colombiano hacen de este un lugar único para albergar una de las más ricas y diversas biotas del planeta en tan solo 1 % de la superficie terrestre. La variedad de ambientes y ecosistemas provee el hábitat necesario para al menos una de cada diez especies conocidas, muchas de las cuales no se encuentran en ningún otro lugar. Colombia es un país diverso por naturaleza, su magnitud es solo comparable con un reducido conjunto de países considerados megadiversos, una condición que comparte con Brasil, México, China, Indonesia y otros países (Figura 4-1).

La biodiversidad en sus diferentes niveles de organización (que va desde los grandes biomas y los ecosistemas, pasando por las especies, las comunidades y las poblaciones, hasta llegar a los genes) tiene su expresión máxima en Colombia. Es un hecho mundialmente reconocido que la enorme diversidad biológica del país es una ventaja comparativa de gran significado para los colombianos, ya que representa oportunidades para el aprovechamiento sostenible y al mismo tiempo trae consigo grandes retos y responsabilidades para su conocimiento, conservación y gestión integral.

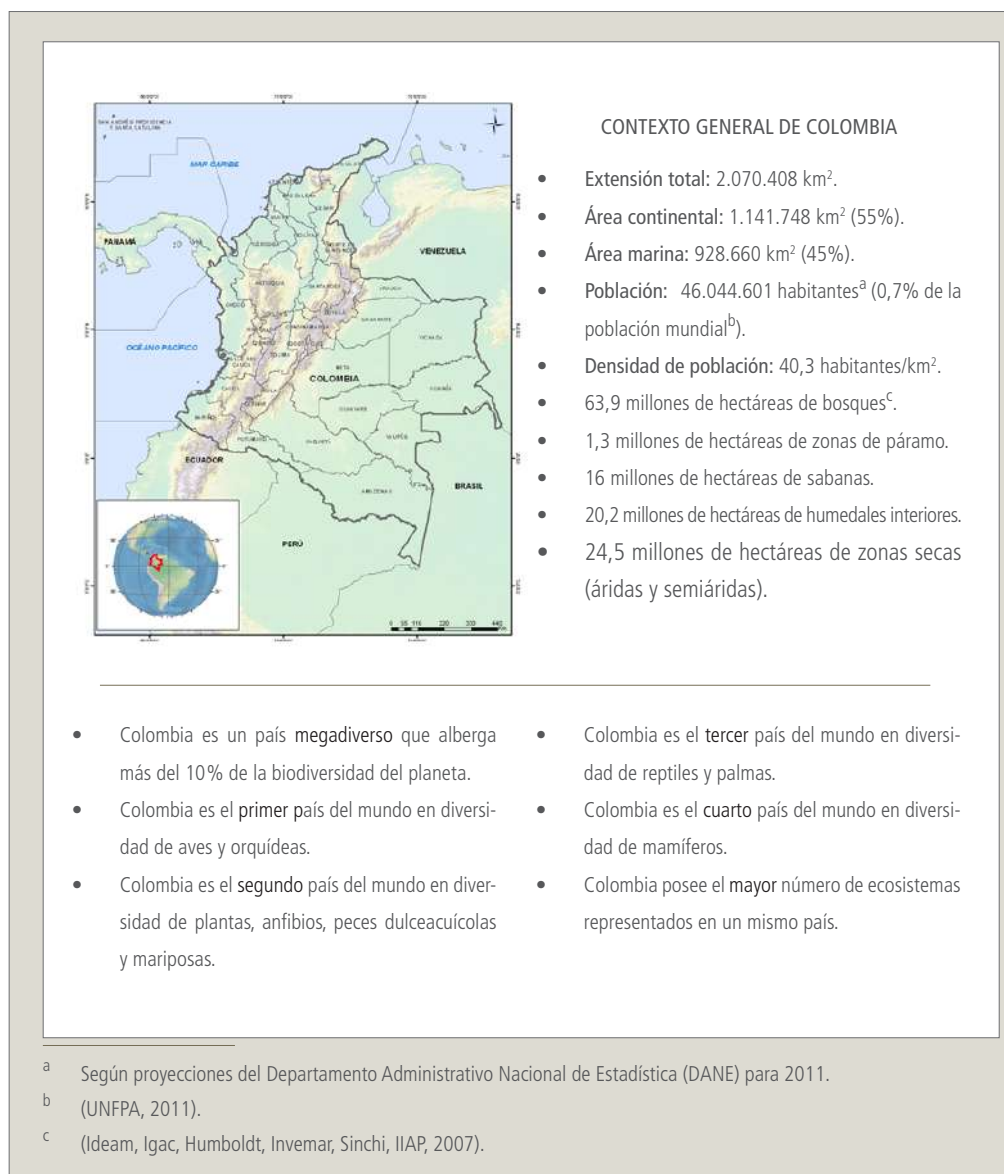
Los procesos asociados al funcionamiento de la biodiversidad son la base de mantenimiento de la vida tal como se conoce en la actualidad. Esto incluye la posibilidad que tienen las poblaciones humanas de obtener bienes y servicios derivados de los ecosistemas, que son esenciales para su supervivencia. Estos bienes y servicios también son agentes clave para la economía pues en muchos casos son parte constitutiva de los factores de producción o determinan su viabilidad. Hay evidencias sobre los efectos que ha traído la transformación de la biodiversidad y de los ecosistemas en términos de su resiliencia y en la capacidad de continuar suministrando los bienes y servicios que han permitido el crecimiento y desarrollo de la población.

En los escenarios actuales predomina una dinámica de transformación de la biodiversidad mayor que la ocurrida en otras épocas. Por esto es necesario avanzar de forma determinante hacia la consolidación de información de excelente calidad que permita dar cuenta del estado actual y de las tendencias de cambio de la biodiversidad. En Colombia este es un reto de grandes proporciones pues conocer y gestionar su gran diversidad biológica también es una empresa de gran complejidad cuyo abordaje requiere las mejores capacidades humanas e institucionales, y recursos suficientes que aseguren el logro de insumos pertinentes para que la sociedad pueda tomar mejores decisiones.

El Capítulo de Biodiversidad del Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables es ante todo una síntesis de la información disponible relacionada con el estado, usos y transformación de la biodiversidad de Colombia. Al igual que en el periodo anterior, esta edición el informe tiene un especial énfasis en el estudio de la biodiversidad a nivel de especies y se utilizan los registros¹⁵ biológicos de presencia de especies en los nodos de datos que conforman el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB), como base de análisis. El informe contiene las principales cifras consolidadas sobre la biodiversidad de Colombia en cuanto a número de especies y ecosistemas; proporciona una mirada general sobre el estado de la información de los registros de especies por departamento y sobre especies amenazadas e invasoras; proporciona una síntesis del estado de las colecciones biológicas del país a partir del Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC); y presenta el panorama de los conjuntos de datos sobre biodiversidad que gestiona la Red Nacional de Metadatos. Por último, el informe presenta una aproximación a los procesos de poblamiento humano desde los biomas del país en relación con la transformación de las coberturas naturales.

¹⁵ Los registros que localizan un taxón en un lugar determinado y en un momento particular del tiempo constituyen lo que se entiende como información primaria sobre biodiversidad. Este tipo de información se considera fundamental para el conocimiento, conservación y uso de la biodiversidad, tiene la ventaja de permitir la reidentificación y la verificación (Soberón & Peterson, 2009).

Figura 4-1. Cifras sobre la biodiversidad de Colombia



4.1 Conteos generales

El número de especies por grupo biológico varía de acuerdo con la fuente de información (Tabla 4-1). En Colombia se han registrado 1.879 (~1.885) especies de aves, cifra que corresponde a una quinta parte del total de especies de aves del mundo y a más de la mitad de las aves de Suramérica. Según los expertos en este grupo de vertebrados, alrededor del 4% de las especies de aves que se encuentran en Colombia son endémicas y por lo tanto no se encuentran en ningún otro lugar del mundo.

En Colombia hay más de 7.000 especies de vertebrados descritos y un número aproximado de 300.000 especies de invertebrados, de los cuales se conoce entre el 10 y el 20% (Fernández-C., Andrade-C. & Amat-G., 2004), (Andrade-C. 2011)

Tabla 4-1. Síntesis de cifras de la biodiversidad de Colombia en el nivel de especie

Grupo de organismos	Especies ^b	Endémicas ^c	Amenazadas ^d
Animales			
Aves	1.820 ^e -1.879 ^f (~1.885)	66 (3,5%)	111
Mamíferos	479	34 (7%)	43
Anfibios	763 (~771 ^g)	330 (~367) (45%)	55
Reptiles	524 (~593)	115 (22%)	22
Insectos			
Mariposas	3.274	350 (11%)	
Hormigas	900 (9.806 ^h)		
Escarabajos	6.000 (~7.000)		
Arácnidos	103		
Moluscos marinos	2500		
Moluscos terrestres	650 ⁱ		
Decápodos	688		
Peces dulceacuícolas	1437 ^j		34
Peces marinos	2.000 (~2.500)		28
Plantas	27.881 ^k	1.500 (3,6%)	699 ^l
Angiospermas	23.089		
Orquídeas	4.010 ^m	(38,5%)	
Gimnospermas	53		
Helechos y afines	1.641		
Briófitas	1.721		96
Antoceros	7		
Musgos	965 (~939)		
Hepáticas	749 (~840)		
Líquenes	1.377		

^b (Chávezjs & Santamaría, 2006).

^c (Andrade-C., 2011)

^d (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Instituto Sinchi, 2002-2009) Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia.

^e (Asociación Colombiana de Ornitología checklist committee, 2009) Asociación Colombiana de Ornitología checklist committee (Stiles, F. G., Cuervo, A. M., Rosselli, L., Clara I. Bohórquez, C.I., Estela, F. & Diana Arzuza).

^f (Lapage, 2011).

^g (Frost, 2011).

^h Número de especies estimado para el orden Hymenoptera que incluye hormigas, abejas y avispas.

ⁱ (Linares & Vera-Ardila, 2012).

^j (Maldonado-Ocampo, Vari, & Usma, 2008).

^k (Bernal, Celis, & Gradstein, 2007).

^l Incluye las familias de plantas evaluadas en el proceso de elaboración de la Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia: Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae, Lecythidaceae, Frailejones, Zamias, Palmas, Bromelias, Labiadas, Pasifloras, y especies maderables de las familias Lauraceae, Lecythidaceae, Sapotaceae, Fabaceae, Burseraceae, Caesalpiniaceae, Magnoliaceae, Meliaceae Euphorbiaceae y Mimosaceae.

^m (Sarmiento, 2007).

Los datos más precisos de diversidad de especies de plantas en Colombia provienen de los trabajos del Catálogo de Plantas de Colombia que adelanta el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Allí se muestra que, para el país, se han registrado 27.881 especies de plantas superiores e inferiores, hecho que confirma la posición de Colombia como país megadiverso. Colombia alberga al menos un tercio de las plantas de Suramérica, aun cuando su superficie representa menos del 7% del área del continente. Una alta proporción de las especies de plantas en Colombia, y en los Andes tropicales en general, tiene rangos de distribución muy restringidos, lo que las pone en alto riesgo ante los impactos del cambio climático en ambientes y ecosistemas (Jørgensen, y otros, 2011).

4.2 Distribución de las especies en Colombia¹⁶

De acuerdo con los datos del SiB, analizados para el *Informe sobre el Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010* los departamentos con mayor número de taxones¹⁷ registrados son Antioquia (11.746 taxones - 9.806 especies), Cundinamarca (11.036 taxones - 9.036 especies) y Meta (9.583 taxones - 7.777 especies), en la región Andina, seguidos de los departamentos de Amazonas (8.119 taxones – 6.733 especies) y Chocó (8.077 taxones – 6.646 especies). Estos resultados coinciden con los datos de IDEAM (2002), que indican que la mayor riqueza de especies en Colombia se encuentra en la región Andina, seguida de las regiones Amazónica, Pacífica y Caribe y la Orinoquía.

En la cuenca del Orinoco, los altos niveles de diversidad florística y la gran diversidad de ambientes acuáticos constituyen el hábitat de un millar de especies de peces (Machado-Allison y Bottini 2010), 266 especies de anfibios, 290 de reptiles (Acosta-Galvis, y otros 2010), alrededor de 1200 especies de aves (Restrepo-Calle, Lentino y Naranjo 2010) y 318 especies de mamíferos (Ferrer, y otros 2009), entre ellos el jaguar (*Panthera onca*) y otras 313 especies de mamíferos que se encuentran en alguna categoría de amenaza mundial (Trujillo, y otros 2010).

De acuerdo con el *Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004* (Chaves y Santamaría 2006), para la Amazonía se registran al menos 74 especies de aves acuáticas, 158 de anfibios, 195 de reptiles y 5.300 especies de plantas. La región Andina tiene 114 especies de aves acuáticas, 485 de anfibios, 220 de reptiles y cerca de 11.500 especies de plantas. El Caribe tiene 165 especies de aves acuáticas, 39 de anfibios, 129 de reptiles, y 3.151 especies de plantas. La Orinoquía tiene 92 especies de aves acuáticas, 57 anfibios, 119 reptiles y 2.692 especies de plantas. El Pacífico tiene 142 especies de aves acuáticas, 154 anfibios, 177 reptiles y 4.525 especies de plantas. La diversidad de especies de peces por zona hidrogeográfica para Colombia comprende 675 especies para el Amazonas, 109 en el Caribe, 197 para Magdalena-Cauca, 619 para el Orinoco y 164 en el Pacífico.

En el Caribe colombiano se encuentran 14 especies de mamíferos marinos y hay registros de cerca de 2.274 especies de invertebrados marinos. En el Pacífico se encuentran 27 especies de mamíferos y más de 3.280 especies de invertebrados marinos.

Salaman y colaboradores, calcularon en (2001)¹⁸ que el 41% de las especies de aves presentes en el país se encuentra en la Amazonía y un porcentaje igual en la región Andina, mientras que el 37% habita en la región Caribe, el 34% en la región Pacífica y el 25% en la Orinoquía.

¹⁶ Con base en Chaves y Santamaría 2006 y Biodiversidad en cifras, SiB Colombia.

¹⁷ Los taxones pueden pertenecer a diferentes niveles dentro de la jerarquía taxonómica, tales como órdenes, familias y géneros, incluyendo también el nivel de especies.

¹⁸ Citado por Bravo y Naranjo (2006) en: M.E. Chaves y Santamaría, M. (Eds). (2006). Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2 Tomos.

Las especies colombianas de orquídeas se concentran principalmente en la región Andina (87,2%), donde las zonas paramunas poseen el 15% de las especies. Le siguen las regiones Pacífica y Amazónica (10,6% cada una), y las regiones más pobres en especies son la región Caribe y la Orinoquía (5% y 4%, respectivamente).

4.3 Ecosistemas en Colombia

Colombia posee el mayor número de ecosistemas representados en un mismo país (99), así como 1.600 lagos, lagunas y humedales (IDEAM, Igac, Humboldt, Invemar, Sinchi, IIAP, 2007). Según el diagnóstico de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, Colombia tiene en total 27.746 hectáreas en producción certificadas en la conservación de los ecosistemas, la protección de la vida silvestre y la conservación de recursos hídricos, por lo que ocupa el tercer lugar en el mundo, después de Costa Rica y Brasil.

Colombia posee 32 biomas terrestres y 314 tipos de ecosistemas. Bosques naturales en un 53% del territorio continental, Amazonía y Pacífico, que regulan clima y agua regional y globalmente y contienen gran parte de la biodiversidad mundial. Páramos en cerca de 2.000.000 hectáreas (1,7%) del territorio continental, que regulan clima y el agua de las áreas más pobladas y que contienen gran cantidad de organismos endémicos. Bosques de niebla y otros tipos de ecosistemas relativamente aislados que tienen gran diversidad y endemismos.

Las investigaciones realizadas por el Instituto Alexander von Humboldt muestran que los ecosistemas de páramo representan el 1,7% del territorio colombiano y aportan agua a los centros poblados que contienen el 70% de la población (Morales, y otros, 2007).

4.4 Especies amenazadas, invasoras y usos de la biodiversidad

• Especies amenazadas

A partir de las evaluaciones de los diferentes grupos biológicos, como parte de la elaboración de la *Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*, los datos disponibles indican que en Colombia se han identificado cerca de 1.500 especies de plantas y aves en alguna de las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Formalmente solo se incluyen como amenazadas aquellas especies ubicadas en las siguientes tres categorías: crítica (CR), vulnerable (VU) y en peligro (EN).

• Especies invasoras

Hay sido identificadas 125 especies con alto riesgo de invasión en Colombia, tanto en los ambientes continentales como en los marino-costeros. Estas pertenecen a diversos grupos biológicos tales como plantas (42), peces (30), mamíferos (11), aves (10), moluscos (9), decápodos (8), crustáceos (6), corales (2), reptiles (2), briozoos (2), algas (1), anfibios (1), anélidos (1) (Baptiste, Castaño, Cárdenas, Gutiérrez, Gil & Lasso, 2010).

De acuerdo con la Resolución 0207 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se reconocen 24 especies invasoras declaradas. En el país se conocen 295 especies introducidas, trasplantadas e invasoras.

• Usos de la biodiversidad

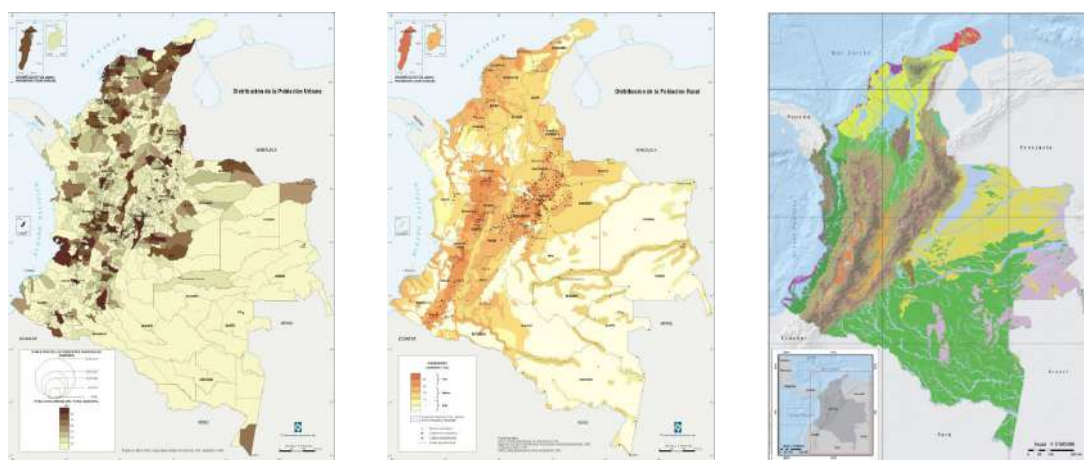
En el país se han identificado 173 especies de peces de agua dulce por ser objeto aprovechamiento para consumo humano. De estas se encuentran 31 (17%) con algún grado de amenaza (Lasso, 2010). Aproximadamente 2.400 especies de

plantas son utilizadas con fines medicinales. De estas, 1.700 son nativas del norte de Suramérica y aproximadamente 200 son exclusivas de Colombia (comunicación personal con Henry Yesid Bernal).

4.5 Población en biomas

Se realizó un análisis exploratorio de la población urbana y rural de Colombia en relación con los biomas del Mapa de Ecosistemas de Colombia (IDEAM, Igac, Humboldt, Invemar, Sinchi, IIAP, 2007) con el fin de complementar los marcos ordenadores que incluyen a la población como un factor de presión a la biodiversidad. Se utilizaron los datos de población por municipio del censo de población del 2005, discriminados por cabecera y resto, y se asociaron a las áreas municipales y a los centros poblados. Finalmente estos datos se cruzaron con la capa de biomas. En este informe se incluye una aproximación a la población más allá de los límites de las unidades político-administrativas, considerando los biomas y su localización como criterio de agrupación de los datos.

Figura 4-2. Mapas de la distribución de la población urbana, de la población rural y de los biomas de Colombia



Distribución de la población urbana

Distribución de la población rural

Biomas de Colombia

El mapa que resulta de la representación de la densidad de habitantes por bioma en los municipios del país (Figura 4-2 y Figura 4-3), brinda un marco general acerca de la localización de los centros poblados en los municipios ubicados en biomas semejantes. En el nivel de bioma se identificaron aquellos que albergan la mayor población (Tabla 4-2) y se concluyó que los principales son: orobioma medio de los Andes (11.301.505 habitantes, 27% de la población del país), orobioma bajo de los Andes (9.461.511, 23%) y zonobioma seco tropical del Caribe (5.311.209, 13%). El área de los tres biomas abarca una cuarta parte (24%) del territorio continental de Colombia y dos terceras partes (63%) de la población del país. En cuanto a la densidad de habitantes, el bioma más densamente poblado en la porción continental es el orobioma azonal de Cúcuta con 648,5 habitantes por km². Lo siguen el zonobioma alternohigrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca con 639,9 habitantes por km² y el halobioma del Caribe con 257,1 habitantes por km².

Para una buena parte de los biomas colombianos, la transformación de las coberturas naturales está relacionada con una mayor densidad de población respecto de los biomas que conservan en mayor proporción coberturas no transformadas. Tal es el caso del zonobioma altermohígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena, que presenta un 78,6% de su área con coberturas transformadas y una población cercana al millón y medio de habitantes. El zonobioma seco tropical del Caribe presenta un área con coberturas transformadas aún mayor que el anterior, con 41.784,8 km², esto es 75,2% del área total del bioma, que alberga una población de 5,3 millones de habitantes (Figura 4-4, Figura 4-5 y Figura 4-6). Los efectos de la densificación de la población son evidentes en el aumento del área transformada en los biomas con más habitantes. También son evidentes en aquellos biomas que suministran los bienes y los servicios ecosistémicos de los cuales depende la población para su subsistencia.

Figura 4-3. Mapa de densidad de la población en los biomas naturales de Colombia (habitantes por km²) a partir del censo de población de 2005

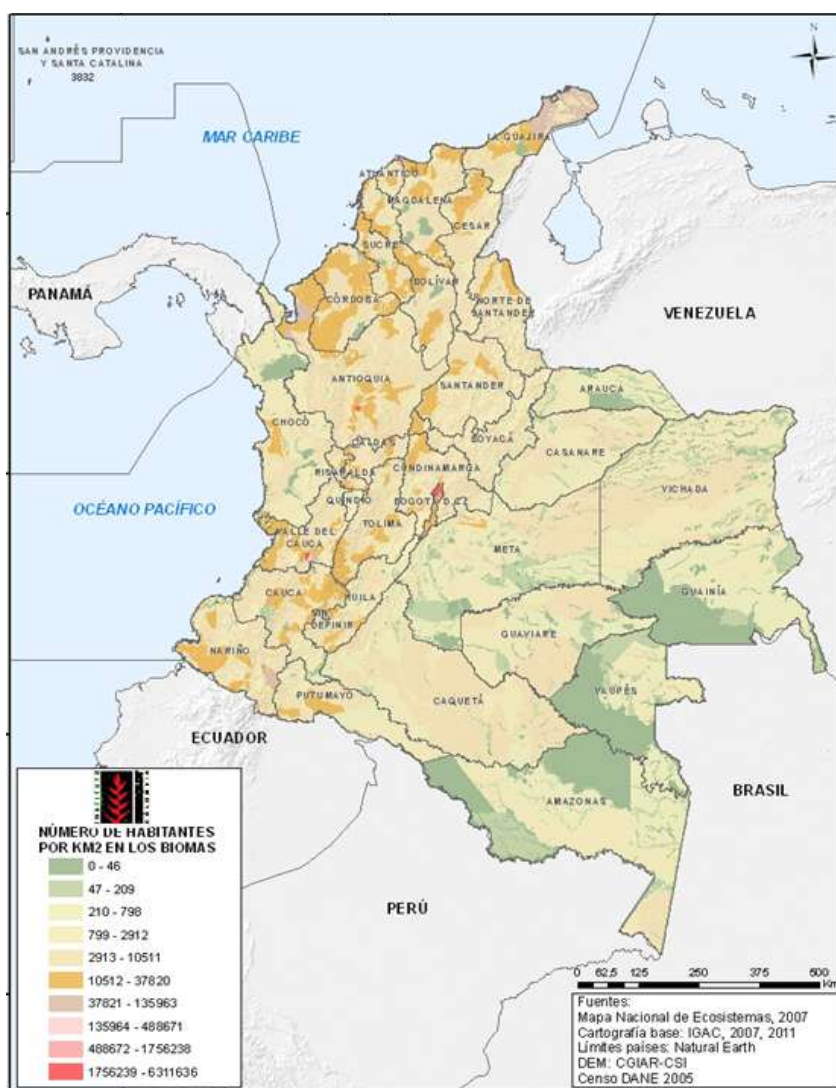


Tabla 4-2. Población y transformación de coberturas en los biomas de Colombia

Bioma	Área total del bioma (km ²)	Área de cobertura transformada (km ²)	% de área transformada	Densidad (habitantes por km ²)	Población (habitantes)
Litobioma de la Amazonía-Orinoquía	72.549,3	166,0	0,2	0,3	18.650
Orobioma de La Macarena	2.994,9	130,2	4,3	0,9	2.721
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonía-Orinoquía	321.131,2	19.115,5	6,0	1,0	314.597
Orobioma del Baudó-Darién	12.883,2	600,2	4,7	4,0	50.884
Helobioma Amazonía- Orinoquía	116.671,8	19.426,2	16,7	4,8	561.132
Peinobioma de la Amazonía-Orinoquía	121.602,7	20.441,8	16,8	7,4	897.046
Orobioma de San Lucas	8.573,6	1.172,6	13,7	8,3	71.486
Orobioma alto de la Sierra Nevada de Santa Marta	1.576,2	56,2	3,6	10,9	17.186
Orobioma medio de la Sierra Nevada de Santa Marta	1.741,5	447,4	25,7	11,2	19.428
Helobioma Pacífico-Atrato	12.761,4	1.880,7	14,7	13,4	171.552
Orobioma bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y La Macuira	9.945,0	2.023,7	20,3	16,5	163.653
Zonobioma húmedo tropical del Pacífico-Atrato	34.314,7	3.507,6	10,2	16,6	570.178
Helobioma de La Guajira	905,1	1,7	0,2	16,8	15.234
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo	2.553,3	1.131,6	44,3	21,6	54.731
Orobioma azonal del valle del Patía	1.243,0	795,2	64,0	30,4	37.803
Orobioma azonal del río Sogamoso	443,3	122,1	27,5	30,6	13.579
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena-Caribe	33.999,3	18.058,2	53,1	31,9	1.085.339
Halobioma del Pacífico	5.036,9	205,0	4,1	38,6	192.088
Orobioma alto de los Andes	41.834,9	11.574,0	27,7	41,9	1.749.992
Helobioma del río Zulia	132,5	117,9	89,0	44,9	5.944
Orobioma azonal del río Dagua	59,6	0,0	0,0	49,1	2.930
Helobioma Magdalena-Caribe	33.300,5	16.601,0	49,9	51,0	1.696.998
Bioma insular del Pacífico	0,1	0,0	0,0	64,2	86.542
Orobioma bajo de los Andes	143.152,5	60.696,4	42,4	66,1	9.461.511
Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta	6.677,6	120,0	1,8	74,3	495.987
Zonobioma seco tropical del Caribe	55.591,4	41.784,8	75,2	95,6	5.311.209
Helobiosmas andinos	333,5	303,9	91,1	99,2	33.087
Zonobioma altermohigrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	10.279,6	8.083,6	78,6	140,5	1.443.806
Orobioma medio de los Andes	75.697,4	33.338,2	44,0	149,4	11.301.505
Helobioma del Valle del Cauca	1.401,6	1.373,9	98,0	185,2	259.559
Halobioma del Caribe	3.984,6	792,2	19,9	257,1	1.011.051
Zonobioma altermohigrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	5.453,5	4.908,1	90,0	639,9	3.489.513
Orobioma azonal de Cúcuta	1.102,4	615,0	55,8	648,5	713.540
Bioma insular del Caribe	49,6	25,9	52,2	1203,0	58.825

Figura 4-4. Densidad de población (habitantes por km²) por bioma natural de Colombia, de acuerdo con el censo de población del 2005

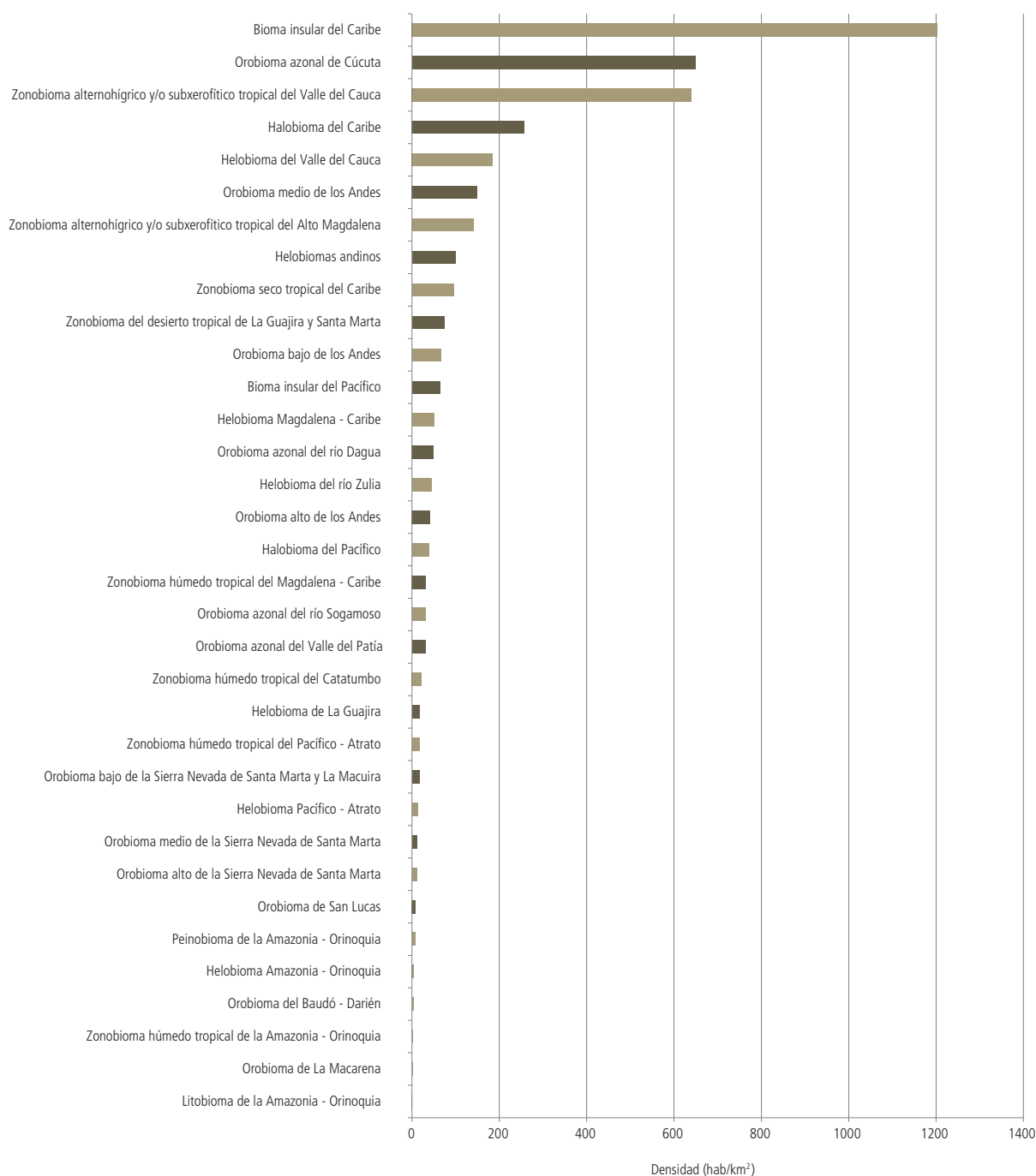


Figura 4-5. Número de habitantes por bioma natural de Colombia, de acuerdo con el censo de población del 2005

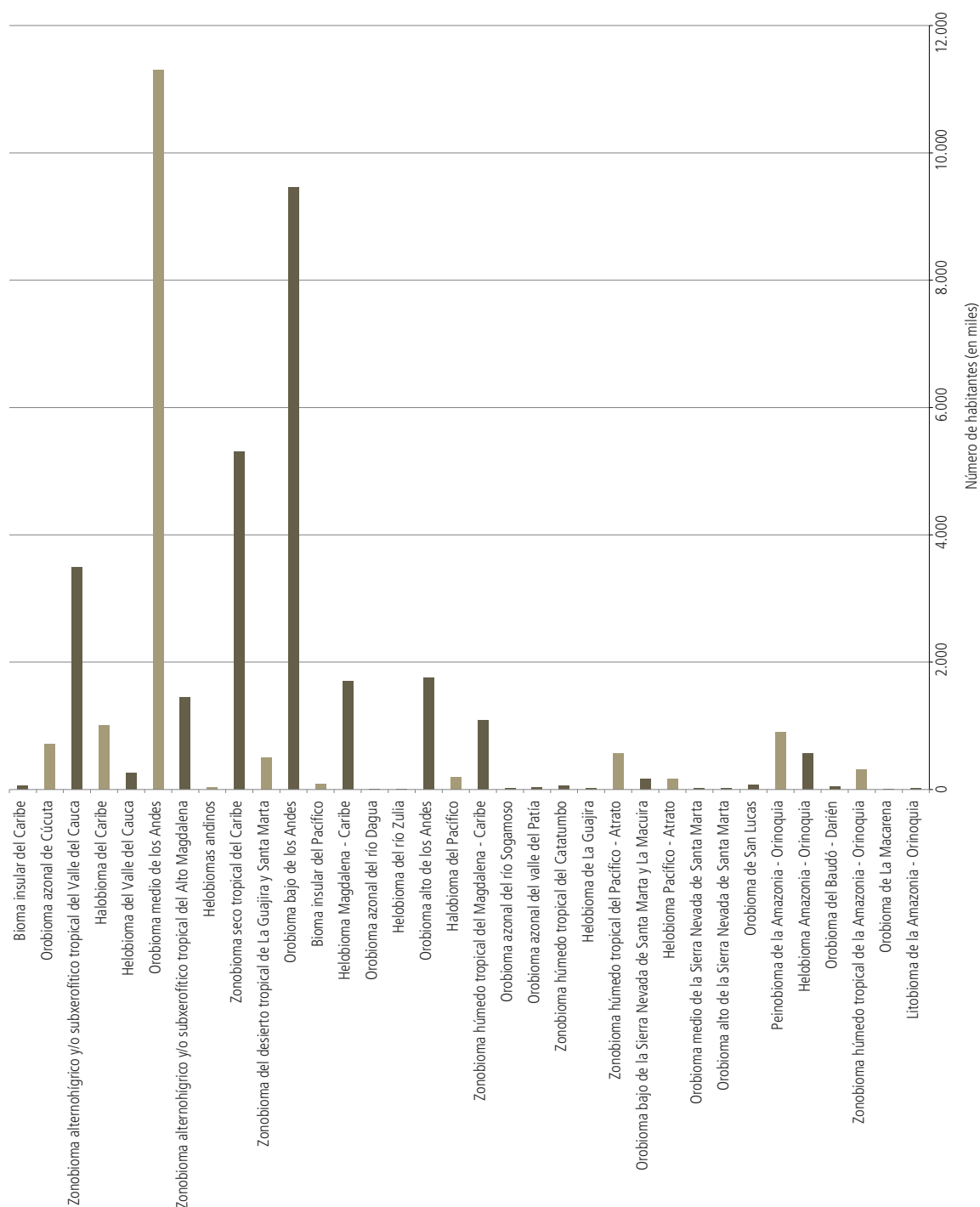
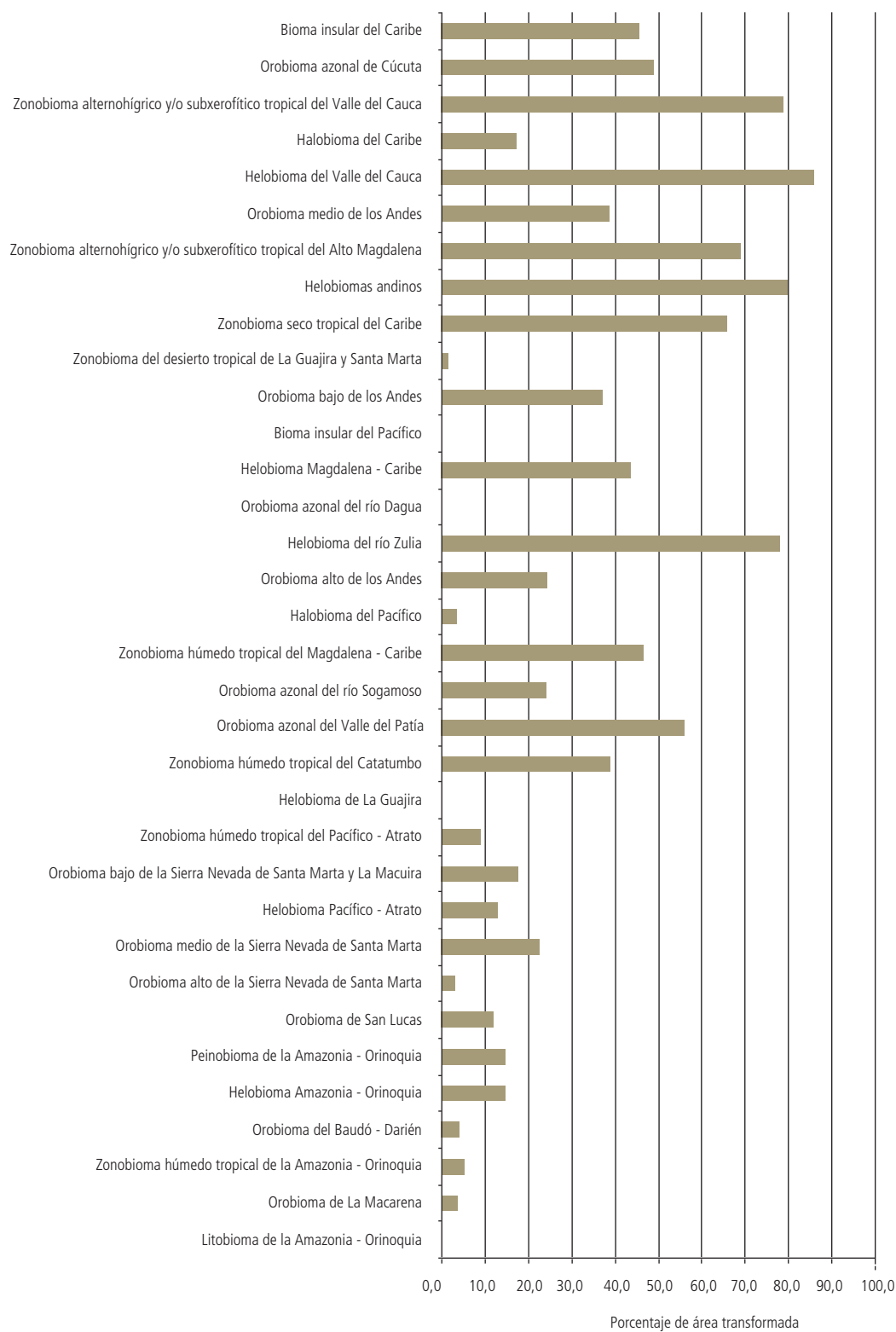


Figura 4-6. Porcentaje de área transformada por bioma natural de Colombia, de acuerdo con el mapa de ecosistemas de Colombia



4.6 Datos e información sobre biodiversidad disponibles en el SiB Colombia

La información sobre biodiversidad en Colombia está localizada en múltiples fuentes y formatos. En el ámbito digital, el SiB Colombia facilita el acceso a datos e información proveniente de registros biológicos. Dichos registros tienen como evidencia colecciones biológicas u observaciones realizadas por expertos y conocedores en cada uno de los grupos biológicos presentes en el país. Con corte al 30 de julio de 2011 el SiB Colombia brinda acceso a 1.121.244 registros a través de 15 nodos de datos en su portal web (www.siac.net.co/sib). A continuación se presenta una breve descripción del contenido para cada nodo (Tabla 4-3).

Tabla 4-3. Nodos de datos del SiB Colombia

Nodo de datos	Registros	Descripción
Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia	470.966	Registros de las colecciones de fauna y flora del Instituto de Ciencias Naturales.
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	276.962	Registros de las colecciones del Instituto y registros de observaciones realizados por el Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental y otros proyectos realizados por el Instituto.
Red Nacional de Observadores de Aves	104.416	Registros biológicos de aves que se encuentran en la base de datos Dataves de la Red Nacional de Observadores de Aves de Colombia.
Isagen	63.948	Registros de observaciones de plantas, aves, mamíferos, anfibios y reptiles que han sido observados en las zonas aledañas a las hidroeléctricas de Isagen, una empresa privada de servicios públicos que provee energía a los departamentos de Antioquia y Caldas.
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi	52.105	Información de ejemplares que se encuentran en el Herbario Amazónico Colombiano.
Universidad del Valle	31.145	Registros de presencia de especies de artrópodos en el valle geográfico del río Cauca.
Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe	30.502	Registros de plantas del herbario del Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	25.854	Registros de presencia de especies a partir de los ejemplares del herbario forestal y de la colección de la xiloteca del Laboratorio de Maderas José Anatolio Lastra.
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar)	25.350	Registros de las colecciones de especies de vertebrados e invertebrados marinos que posee el Invemar.
Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia	13.777	Registros de plantas, mamíferos, murciélagos, anfibios y aves colectados durante la ejecución de diferentes proyectos.
Plantas de Páramo Universidad de los Andes	12.028	Registros provistos por la Universidad de los Andes en donde se encuentran datos de plantas de páramo. Algunos de estos registros fueron descargados desde iniciativas internacionales como Global Biodiversity Information Facility y otros fueron obtenidos a partir de las libretas de campo del profesor Antoine Cleef.
Asociación Selva, Investigación para la Conservación del Neotrópico	6.757	Registros biológicos de Capturas y recapturas de aves anilladas en la Sierra Nevada de Santa Marta.

Parientes silvestres de organismos genéticamente modificados	3.842	Información de parientes silvestres de cinco especies de interés agrícola: maíz, arroz, yuca, algodón y papa. Los registros obtenidos para este nodo son de consultas en diferentes herbarios, bases de datos internacionales y salidas de campo.
Asociación de Becarios del Casanare	2.258	Información de aves, peces, anfibios, reptiles, plantas, insectos y murciélagos en el marco del proyecto "Establecimiento de la Composición Biológica y Estructura Ecológica de la Laguna El Tinije, Casanare".
Asociación Red Colombiana de Reservas naturales de la Sociedad Civil (Resnatur)	1.334	Información de flora y fauna producto de la caracterización de las reservas de Resnatur.
TOTAL registros para consulta web en http://www.siac.net.co/sib	1.121.244	

Las Figura 4-7 y Figura 4-8 muestran, respectivamente, el cambio en el número de conjuntos de datos y registros disponibles a través del sistema distribuido de registros biológicos del SiB Colombia. El número total de registros biológicos muestra un crecimiento sostenido en el último quinquenio, en 2011 el incremento fue de 10,3% con relación al año 2010; un total de 13 nuevos conjuntos de datos fueron publicados a través del SiB Colombia.

Figura 4-7. Número de conjuntos de datos disponibles a través del SiB Colombia por año

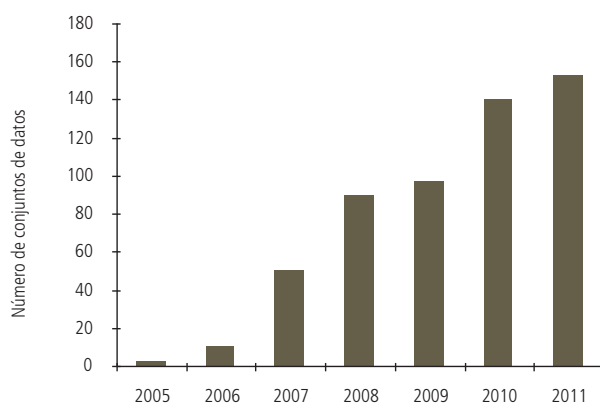
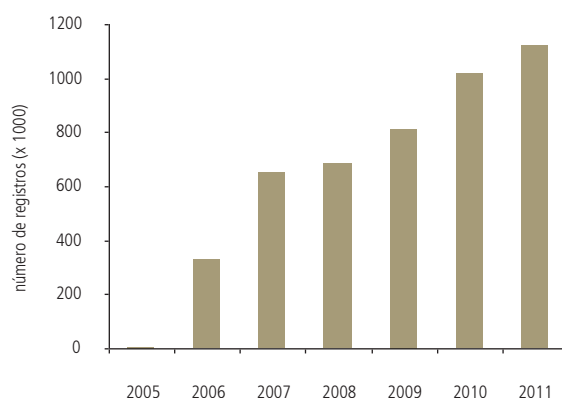


Figura 4-8. Número de registros biológicos disponibles a través del SiB Colombia por año



4.6.1 Proceso de compilación y análisis de registros biológicos

Con el propósito de realizar conteos y análisis sintéticos se realizaron consultas al sistema distribuido de registros biológicos del SiB Colombia. Una vez recopiladas, las consultas fueron unificadas en una base de datos con 1.024.946 registros, retomando el trabajo adelantado por (F. B.-M.-G.-F. Salazar-Holguín 2011) para la elaboración de la versión de 2009 de este mismo informe, lo que representó un incremento del 43% con respecto al total de registros del año anterior. Los datos recopilados surtieron un proceso de verificación de consistencia lógica según el Estándar de Intercambio de Registros Biológicos y de validación taxonómica (con base en archivos de autoridad taxonómica y bases de referencia de información nomenclatural) y geográfica (con base en los gaceteros de localidades de registros biológicos, la cartografía oficial y la división político-administrativa del país) (Tabla 4-4).

Tabla 4-4. Conjuntos de datos de los nodos del SiB Colombia consultados para el análisis de registros biológicos

Nodo de datos		Conjuntos de datos	Registros	Taxones	Especies
Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia					
	Colecciones del Instituto de Ciencias Naturales	1	272.480	21.008	19.722
	Herbario Nacional Colombiano	1	152.288	5.469	4.659
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt					
	Registros biológicos	55	130.777	8.778	7.925
	Colecciones biológicas	6	146.185	16.469	14.195
Red Nacional de Observadores de Aves		1	104.416	1.519	2.292
Isagen S.A.		36	56.548	1.936	1.273
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi		1	52.703	6.394	6.394
Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia		7	13.777	2.393	1.990
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar		1	25.350	4.061	3.275
Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe		1	30.499	6.018	5.006
Parientes silvestres de organismos genéticamente modificados		24	3.841	66	60
Reservas Naturales de la Sociedad Civil		1	1.334	493	330
Universidad Distrital Francisco José de Caldas		2	22.412	5.128	4.225
Plantas de Páramo Universidad de los Andes		2	12.336	2.222	2.303
Total de registros y conjuntos de datos consultados		139	1.024.946	46.719	40.391

Las bases de datos consultadas corresponden a actualizaciones de los nodos de datos con corte al 30 de noviembre de 2010, a excepción del nodo del Instituto Humboldt, cuyos datos estuvieron actualizados el 30 de mayo de 2011.

Las Figuras 4-9 y 4-10, la primera presenta como es distribución por coordenadas y la segunda como es la densidad, muestran la localización de los registros biológicos que cuentan con información de coordenadas geográficas y localidades. La mayor concentración de los registros biológicos se da en la región Andina, especialmente en los departamentos de Antioquia y Cundinamarca, y en zonas específicas del piedemonte llanero, una dispersión de registros en la región Caribe y algunas zonas de concentración de registros en áreas específicas de las regiones amazónica y orinocense.

Figura 4-9. Mapa de distribución de registros biológicos del SiB Colombia con coordenadas geográficas

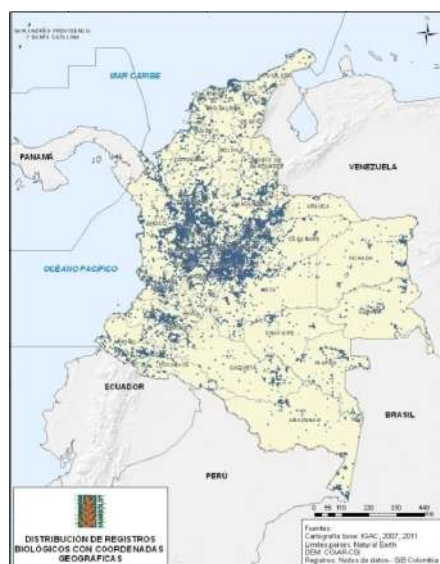
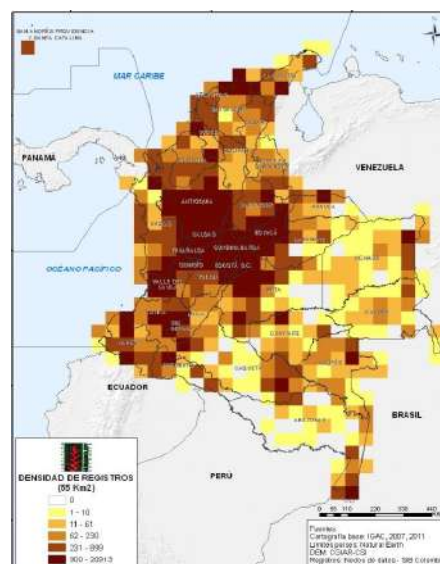


Figura 4-10. Mapa de densidad de registros biológicos del SiB Colombia



4.6.2 Registros biológicos por grupos de organismos

El núcleo principal de los datos de organismos proviene de los registros biológicos de los nodos que conforman la alianza nacional del SiB Colombia. Los registros biológicos contienen datos sobre la presencia de las especies (unidades biológicas en general) en lugares y momentos determinados. Estos registros constituyen datos fundamentales al servir de insumo esencial y soporte en los procesos de análisis y síntesis que permiten identificar patrones de distribución de especies y tendencias de cambio y transformación de la biodiversidad (Tabla 4-5). El acceso a los datos fundamentales a través del SiB Colombia y su apropiada documentación permiten garantizar la trazabilidad de los procesos de agregación de valor de los datos, lo cual también facilita el desarrollo y seguimiento de actividades para el mejoramiento de la calidad de los datos.

Es preciso advertir sobre el sesgo que posee la presente compilación, propio de la naturaleza de las fuentes de datos disponibles a través del SiB Colombia, que son los nodos de datos que proveen información al público general en la forma de registros (colecciones u observaciones) de la presencia de especies en el territorio colombiano. Muchas otras fuentes de información que se encuentran dentro y fuera del país no brindan un acceso unificado a los datos primarios sobre la presencia de especies en Colombia.

Tabla 4-5. Número de registros y taxones por grupo de organismos a partir de registros del SiB Colombia

Grupo de organismos	Registros	Taxones ^a
Plantas	559.854	28.222
Aves	187.279	2.253
Insectos	126.060	8.312
Anfibios	58.053	983
Mamíferos	34.929	702
Peces	40.914	2.684
Moluscos	17.390	1.633
Reptiles	7.386	444
Cnidarios	4.912	380
Artrópodos no insectos	3.318	513
Equinodermos	5.516	323
Microorganismos	458	98
Hongos	773	172
TOTAL	1.024.946	46.719^b

^a. Incluye las diferentes categorías taxonómicas además de la específica. Puede contener nombres que están en proceso de depuración taxonómica como resultado de revisiones en grupos específicos.

^b. El número de taxones correspondientes a la categoría 'especie' es de 40.391.

Fuente: Nodos de datos del SiB Colombia 2011.

4.6.3 Registros biológicos y especies por departamento y municipio

Un registro biológico es la observación y captura de información sobre unidades biológicas, referidas a un espacio y, por lo general, un momento o lapso determinado (Suárez-Mayorga, Bernal & Cárdenas-López, 2005). Los registros biológicos tienen asociadas evidencias sobre la presencia de elementos de la biodiversidad en un territorio. Para este informe se comparó el número total de registros por departamento de 2009 y 2010 (Tabla 4-6) como un indicador de la información disponible para unidades político-administrativas de acuerdo con el nivel de organización de la biodiversidad denominado 'especies'.

En la Figura 4-11, muestra la cantidad de registros de presencia de especies en los departamentos del país. Se resalta una mayor disponibilidad de información para la región Andina, especialmente para los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Caldas y Boyacá, que en su conjunto agrupan más de 350 mil registros, lo que corresponde a más de la tercera parte del total de registros biológicos del país disponibles a través del SiB Colombia. Este resultado concuerda con lo observado en informes anteriores, en los que es evidente la concentración de capacidad humana, recursos financieros e infraestructura para la investigación en estos departamentos (Krieger & Ochoa, 2002); (Yepes A. , Galindo, Vivas-Segura & Mateus, 2007); (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010). El departamento con mayor densidad de registros por unidad de área es San Andrés y Providencia con 87,1 registros por km², seguido de Quindío, Caldas, el Distrito Capital y Risaralda, con valores que oscilan entre 10 y 7 registros por km².

Tabla 4-6. Número de registros biológicos y variación por departamento en 2009 y 2010
a partir de registros del SiB Colombia

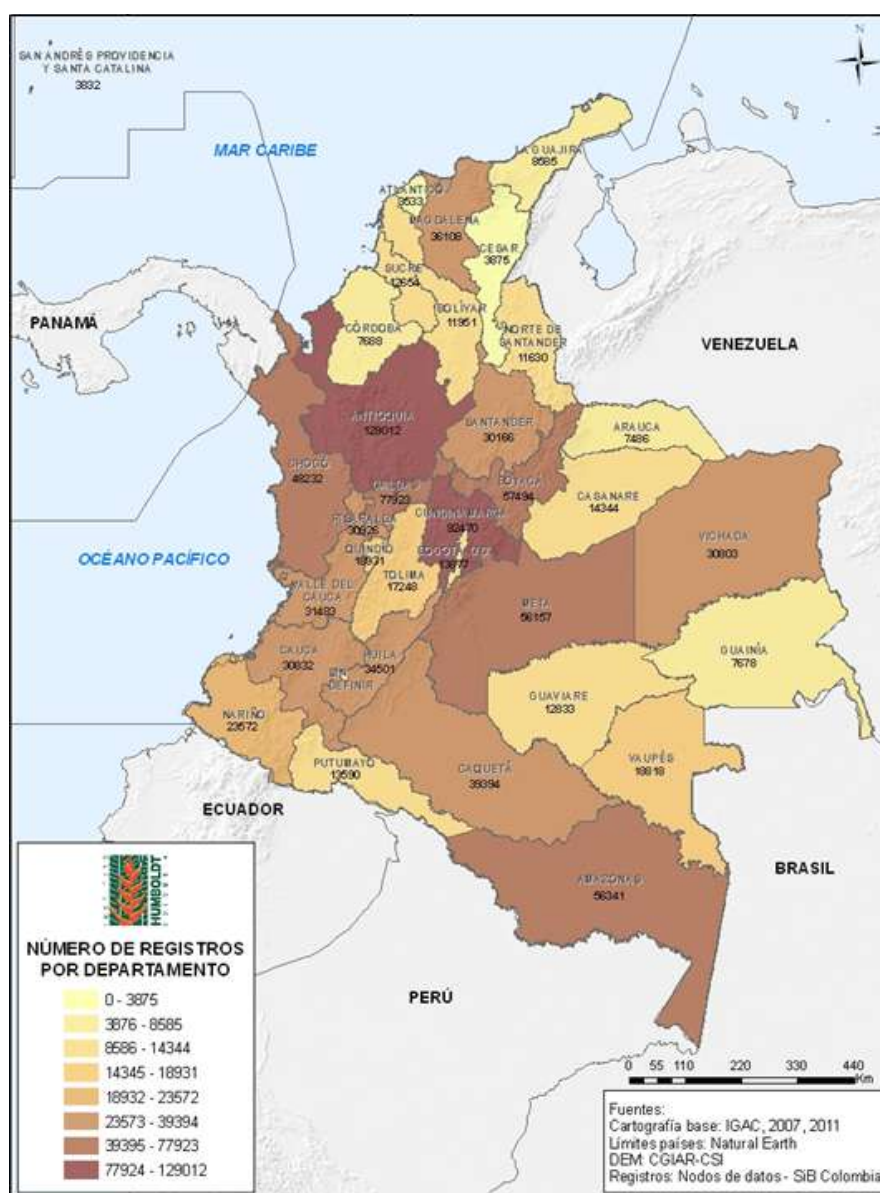
Departamento	Área (km ²)	Registros SiB 2009	Registros SiB 2010	Variación
Amazonas	109.665	38.576	56.341	46,1
Antioquia	63.612	113.129	129.012	14,0
Arauca	23.818	5.068	7.486	47,7
Atlántico	3.388	1.898	3.533	86,1
Bogotá, D. C.	1.605	9.623	13.877	44,2
Bolívar	25.978	6.362	11.951	87,8
Boyacá	23.189	41.727	57.494	37,8
Caldas	7.888	72.508	77.923	7,5
Caquetá	88.965	29.167	39.394	35,1
Casanare	44.640	9.393	14.344	52,7
Cauca	29.308	15.687	30.832	96,5
Cesar	22.905	2.546	3.875	52,2
Chocó	46.530	34.153	48.232	41,2
Córdoba	25.020	4.527	7.688	69,8
Cundinamarca	24.210	59.738	92.470	54,8
Guainía	72.238	5.540	7.678	38,6
Guaviare	53.460	10.116	12.833	26,9
Huila	19.890	27.487	34.501	25,5
La Guajira	20.848	5.273	8.585	62,8
Magdalena	23.188	17.918	36.108	101,5
Meta	85.635	31.580	56.157	77,8
Nariño	33.268	14.319	23.572	64,6
Norte de Santander	21.658	7.407	11.630	57,0
Putumayo	24.885	9.190	13.590	47,9
Quindío	1.845	12.814	18.931	47,7
Risaralda	4.140	22.645	30.926	36,6
San Andrés	44	1.907	3.832	100,9
Santander	30.537	18.573	30.166	62,4
Sucre	10.917	9.296	12.654	36,1
Tolima	23.562	10.328	17.248	67,0
Valle	22.140	20.206	31.483	55,8
Vaupés	54.135	11.761	18.818	60,0
Vichada	100.242	25.322	30.803	21,6
TOTAL		711.087*	993.967**	39,8

* Incluye 5303 registros asociados a S.I. (área en litigio / registros sin Dept.). Fuente: (Salazar-Holguín, Benavides-Moliner, Trespalacios-González, & Pinzón-Flórez, 2010).

** Corresponde al número total de registros que tienen asignados departamentos. Fuentes: Nodos de datos del SiB Colombia 2011. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC 2008)

Para todos los departamentos hubo un incremento en el número de registros frente al año anterior. Los departamentos con el mayor incremento fueron Magdalena, San Andrés, Cauca, Bolívar y Atlántico. Por otra parte, los departamentos que presentaron un crecimiento menor que los demás (tasas entre 7,5 y 27%) fueron Caldas, Antioquia, Vichada, Huila y Guaviare. La Tabla 4-6 muestra los resultados para cada departamento. Hay un conjunto de departamentos que presenta una menor intensidad de muestreo, identificada por un menor número de registros disponibles por unidad de área: Guainía y Guaviare, en la región amazónica, y Vichada y Arauca, en la región orinocense, suman cerca de la cuarta parte del área continental del país pero, en contraste, tienen asociado menos del 3% del total de registros biológicos que sirvieron de base para la elaboración de este informe.

Figura 4-11. Mapa de número de registros por departamento 2010 en el SiB Colombia



El incremento en el número de registros por departamento se vio reflejado en un mayor número de taxones para todos los casos (Figura 4-12). Aumentaron significativamente los departamentos de la región del Pacífico y parte de la región Andina (Cauca, Nariño, Chocó y Valle del Cauca), al igual que Magdalena, Meta y Putumayo. Algunos departamentos de la Orinoquía (Arauca y Vichada), de la Amazonía (Guaviare y Guainía) y de la región Caribe (Atlántico, Cesar y Córdoba) mostraron los menores incrementos en el número de taxones registrados ya que también presentaron los menores crecimientos en el número de registros.

En la Figura 4-13 se observa el mapa con el número de taxones por departamento. En la región Andina se localizan los departamentos que registran el mayor número de taxones del nivel de especie: Antioquia (9.806), Cundinamarca (9.036) y Meta (7.777). Los valores más bajos se encuentran en los departamentos de la región Caribe: Atlántico (1.032), Córdoba (1.211), Cesar (1.223) y Sucre (1.380).

Los valores de riqueza de especies por sí solos no son suficientes para evaluar el estado de la biodiversidad en las unidades político administrativas pues su delimitación no obedece a criterios de tipo exclusivamente ecológico o biofísico. Sin embargo, permiten observar la dinámica de la información entre periodos de tiempo sin desconocer las limitaciones en cuanto a las fuentes de información disponibles, a las consideraciones de la unidad de área para comparar y a las diferencias en la diversidad ecosistémica de los departamentos. Este informe presenta un consolidado de los datos disponibles sobre biodiversidad por unidad territorial y su efecto en el conocimiento de las especies.

Figura 4-12. Número de taxones por departamento en 2009 y 2010 a partir de registros biológicos del SiB Colombia

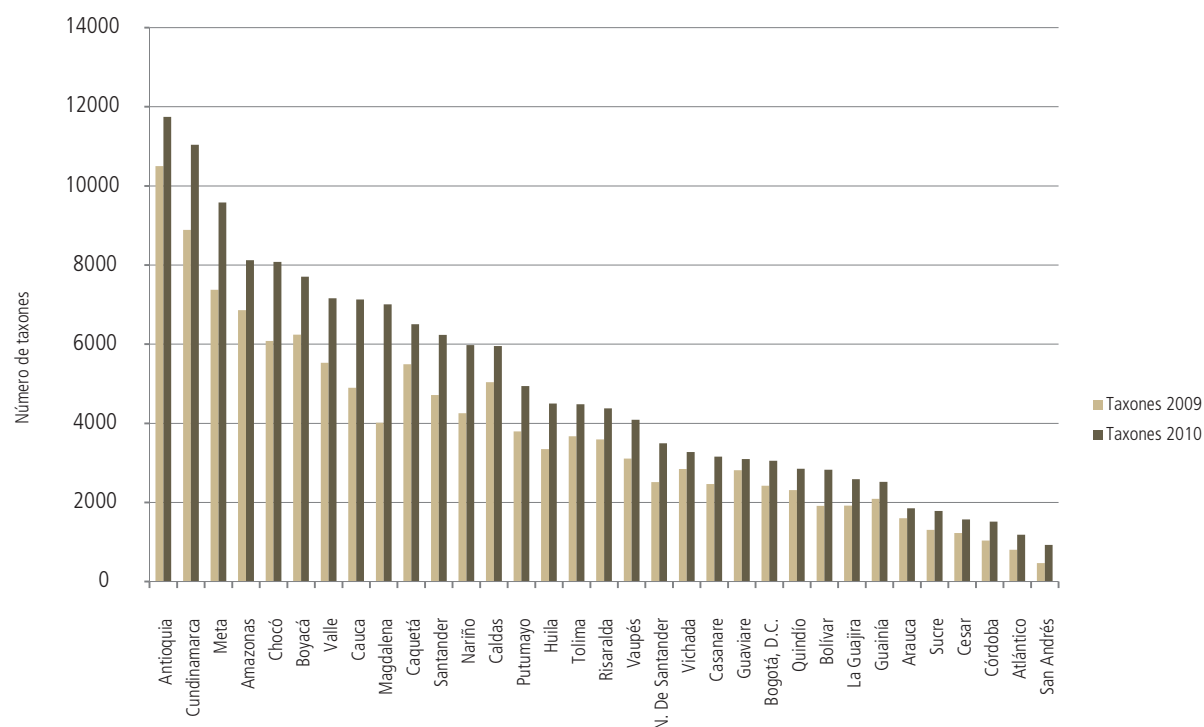
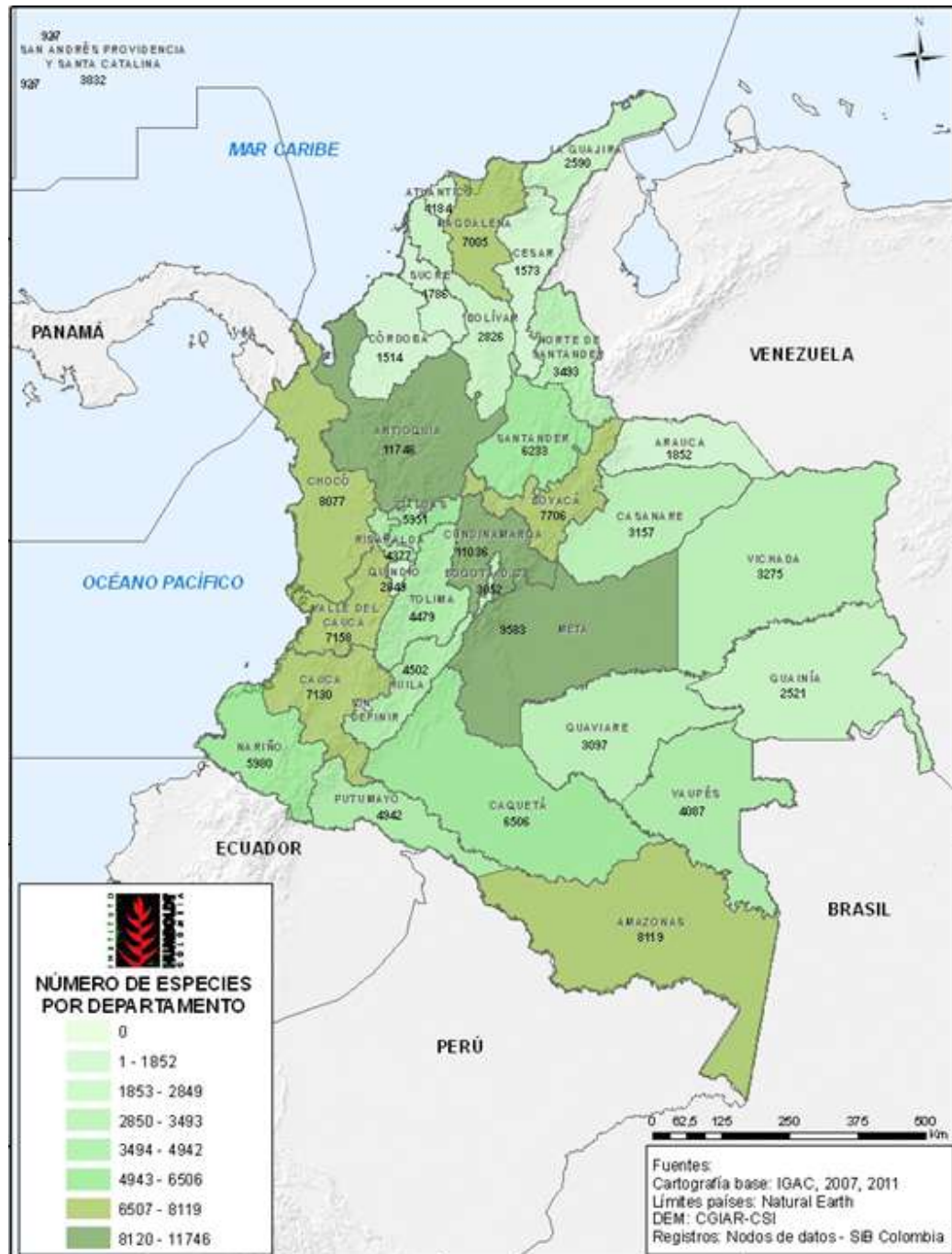


Figura 4-13. Número de especies por departamento 2010 en el SiB Colombia



En cuanto al número de registros biológicos por municipio disponibles en el SiB Colombia, el mayor número de registros se encuentra en Norcasia (Caldas) con 26.029 registros. Le siguen Solano (Caquetá) con 25.419, Cumaribo (Vichada) con 25.105, Leticia (Amazonas) con 17.961 y Victoria (Caldas) con 16.978 (Figura 4-14). La variación en el número de registros y especies por municipio en relación con el 2009 presenta, en la mayoría de los casos, el mismo patrón espacial que el observado en los departamentos, a excepción de algunos grandes municipios de la Amazonía y la Orinoquía. El incremento en el número de registros es consistente con el aumento en el número de taxones para la mayor parte de los municipios, en particular en Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Cesar.

Los municipios con la mayor riqueza de especies registradas a partir de esta compilación son Leticia (2.810) y Santander (2.389) en el Amazonas, Medellín (2.019) y Rionegro (2.173) en Antioquia, Solano (3.223) en Caquetá, San José del Guaviare (2.118) en Guaviare y Villavicencio (2.128) en el Meta (Figura 4-15).

Figura 4-14. Mapa de registros por municipios en 2010 a partir de los registros biológicos del SiB Colombia

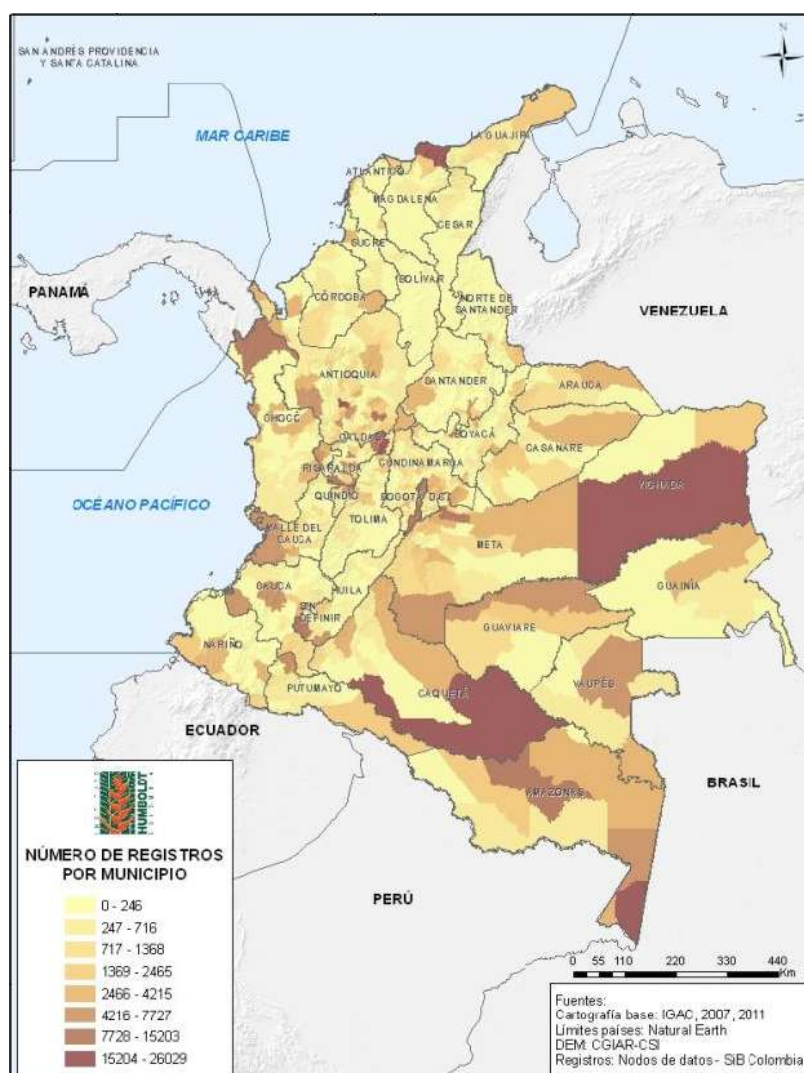
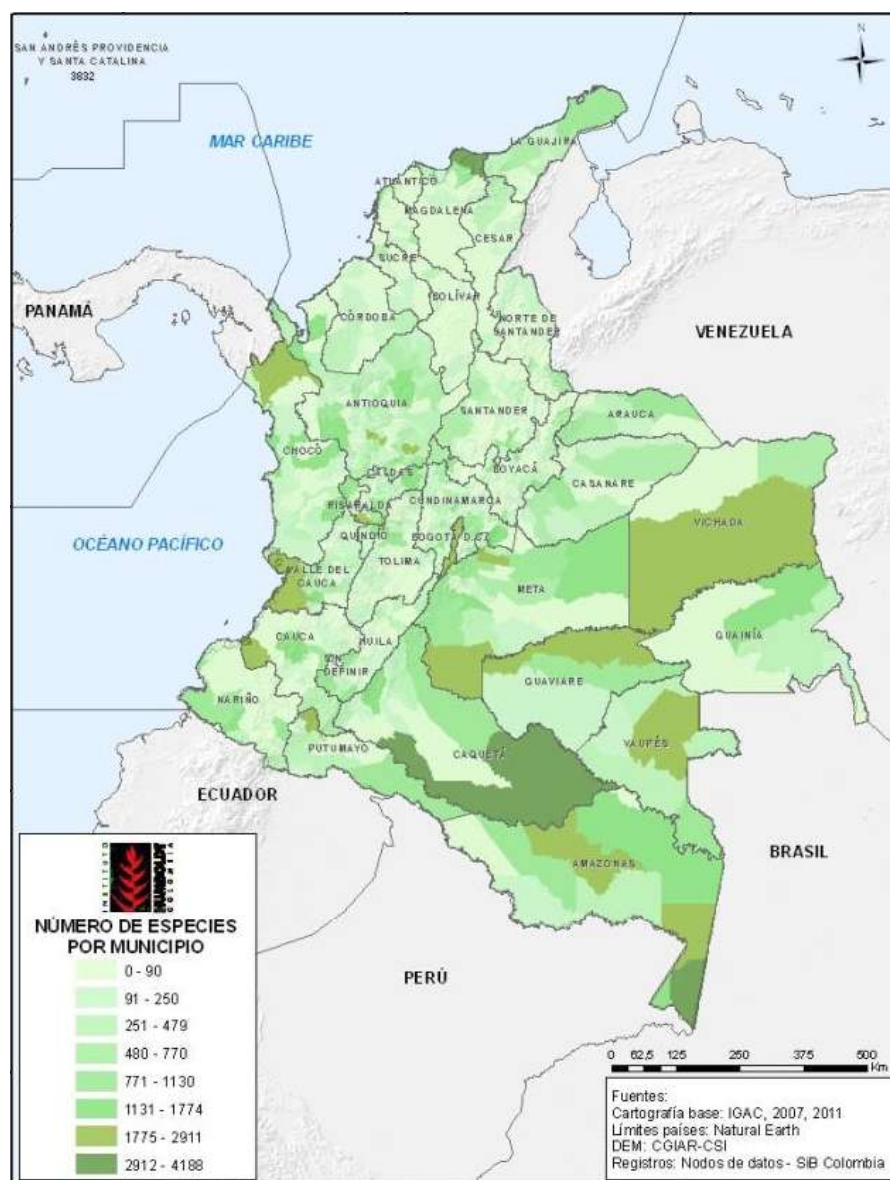


Figura 4-15. Mapa de especies por municipio en 2010 a partir de los registros biológicos del SiB Colombia



4.6.4 Agrupación de registros biológicos por criterios temáticos

El nivel de identificación taxonómica de los registros biológicos está relacionado con múltiples factores como el avance en el conocimiento taxonómico y sistemático de los grupos biológicos, la participación de expertos en la curaduría de colecciones biológicas y la incorporación de conjuntos de referencia (tales como archivos de autoridad) para la depuración y validación de nombres científicos en los procesos de sistematización de datos. Con el fin de avanzar en el conocimiento de la biodiversidad en el nivel de organismos se busca que aquellos datos fundamentales que soportan análisis estructurales y funcionales se encuentren asociados a unidades taxonómicas correspondientes a la categoría 'especie'.

Figura 4-16. Registros biológicos en el SiB Colombia en 2010 por nivel de identificación taxonómica

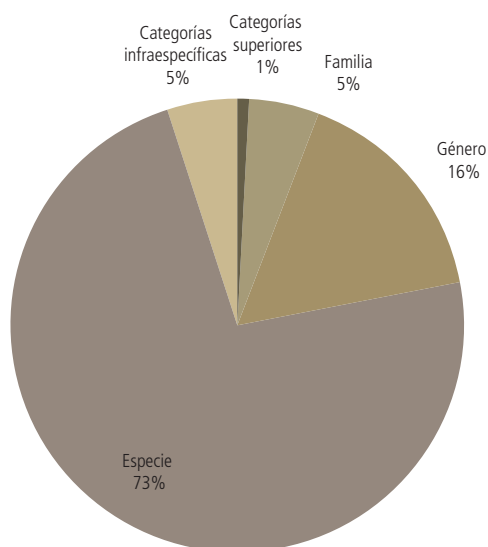
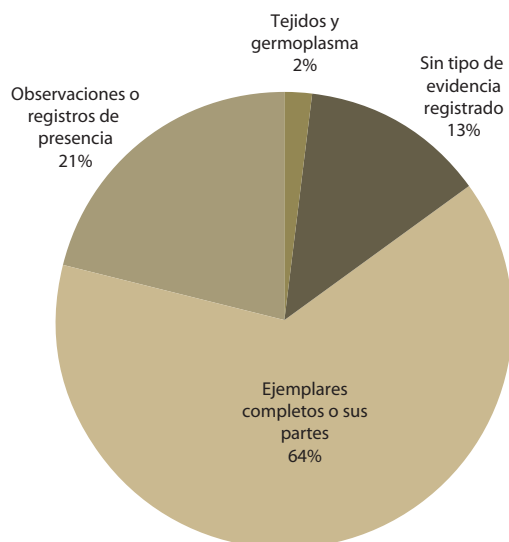


Figura 4-17. Registros biológicos en el SiB Colombia en 2010 por tipo de evidencia

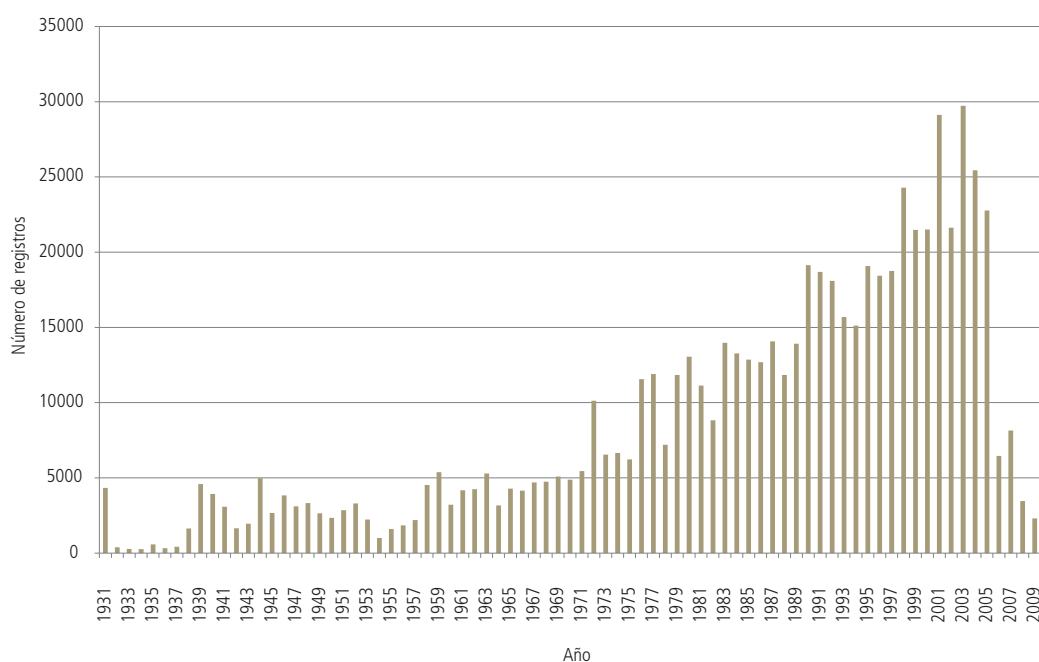


Tres cuartas partes del conjunto total de registros provistos por los distintos nodos de datos, y consultados a través el SiB Colombia, se encuentra en un nivel de identificación taxonómica hasta especie, un 5% de los registros tiene información taxonómica más refinada en categorías taxonómicas infraespecíficas y un poco más del 20% tiene asociados nombres científicos localizados en las categorías de género, familia o en categorías superiores (Figura 4-16).

En cuanto a las evidencias físicas que soportan los registros biológicos documentados, se tuvo en cuenta el *Estándar para intercambiar información sobre biodiversidad al nivel de organismos* (Suárez-Mayorga, Bernal y Cárdenas-López 2005b). Este estándar comprende la información que es imprescindible poner a disposición a través de internet cuando se describe la presencia de organismos en un lugar determinado, bien sea que formen parte de una colección biológica o que hayan sido registrados por cualquier medio

(observaciones, grabaciones, imágenes, entre otros) (Suárez-Mayorga, 2007). Para los registros consultados, el 64% contiene explícitamente referencias a colecciones biológicas pues se encuentran referenciados ejemplares completos o algunas de sus partes (ramas, frutos, tejidos, plumas, huesos, etc.). El 21% corresponde a registros de presencia de especies como resultado de observaciones y el 2% a registros cuyo tipo de evidencia es tejidos o germoplasma. Todavía el 13% de los registros no tiene asociada información sobre el tipo de evidencia, lo cual debe mejorarse en los procesos de sistematización y depuración de datos (Figura 4-17).

Figura 4-18. Número de nuevos registros biológicos del SiB Colombia, por año en el periodo 1930-2010



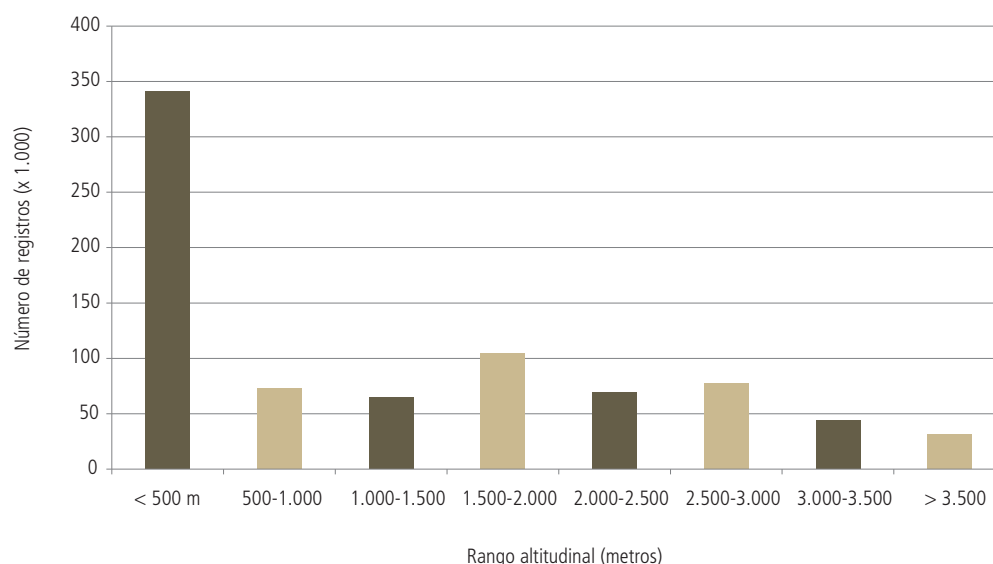
La Figura 4-18, muestra la distribución de los registros biológicos por año desde 1930 hasta 2010. Los ejemplares de la biodiversidad de Colombia depositados en las diferentes colecciones biológicas del país constituyen un acervo de conocimiento invaluable que son el referente para la investigación y la gestión integral de la biodiversidad en los territorios. Los registros asociados a dichos ejemplares, que en la actualidad están disponibles para consulta del público, son el resultado de un sinnúmero de esfuerzos, muchos de ellos fruto de la participación de naturalistas nacionales y extranjeros quienes exploraron el país y colectaron material vegetal y animal en las décadas anteriores a 1970. El intercambio con profesionales y expertos de herbarios y museos de Europa y los Estados Unidos favoreció un mejoramiento del nivel de determinación taxonómica de los registros que es evidente a partir de 1980. Posteriormente, hacia la década de los noventa, se promovió la catalogación de los especímenes de las colecciones biológicas con miras a su sistematización en plataformas computacionales.

Un hito importante en relación con la puesta a disposición de registros biológicos al público se da con la entrada en funcionamiento del SiB Colombia, enmarcado en una alianza nacional conformada principalmente por entidades de investigación creada para facilitar el intercambio, la difusión y el uso de información sobre biodiversidad. En años recientes, a partir

de 2008 se observa un decrecimiento significativo en el número de registros biológicos puestos a disposición a través del SiB Colombia. Este hecho parece estar relacionado con los inconvenientes presentados en los procesos de obtención de permisos de investigación ligados a los respectivos permisos de colecta de especímenes.

La distribución altitudinal de los registros consultados permite identificar cuáles son los rangos en donde se ha concentrado la investigación, principalmente en las zonas bajas por debajo de los 500 m de altitud. Para las demás franjas altitudinales, de 500 m cada una, se encuentra una distribución similar en el número de registros, siendo un poco más abundante la comprendida entre 1.501 y 2.000 m (Figura 4-19).

Figura 4-19. Número de registros por rango altitudinal a partir de registros biológicos en el SiB Colombia 2010



4.7 Especies en categorías de amenaza Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

A continuación se presentan los resultados de la consulta de 12.703 registros biológicos de especies amenazadas, agrupados por departamento, disponibles en el SiB Colombia. El mayor número de registros se encuentra en Caldas (1.970), seguido de Antioquia (1.580), Boyacá (1.364) y Cauca (1.069). De acuerdo con las fuentes de datos consultadas, cinco departamentos registran el mayor número de especies amenazadas. Estos son Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Chocó, a excepción de este último los demás departamentos se localizan en la región Andina. El incremento en el número de registros, debido a la actualización de las fuentes de datos, permitió evidenciar la presencia de un mayor número de especies amenazadas en los departamentos indicados. Los departamentos con menor número de registros de especies amenazadas se localizaron en la Amazonía y la Orinoquía y en los departamentos de la región Caribe, que a su vez tienen el menor número total de registros biológicos. (Tabla 4-7) y (Figuras 4-20 y 4-21).

Tabla 4-7. Número de registros de especies amenazadas* por departamento en 2009 y 2010
a partir de registros del SiB Colombia

Departamento	Número de registros de (año 2010)	Número de especies amenazadas* registradas	
		Año 2010	Año 2009
Amazonas	167	43	33
Antioquia	1.580	180	162
Arauca	19	10	11
San Andrés	19	8	3
Atlántico	28	9	4
Bogotá, D. C.	83	16	22
Bolívar	111	37	25
Boyacá	1.364	106	66
Caldas	1.970	51	35
Caquetá	105	35	26
Casanare	71	16	13
Cauca	1.069	68	29
Cesar	42	17	12
Chocó	488	90	69
Córdoba	56	27	18
Cundinamarca	994	117	59
Guainía	52	8	8
Guaviare	30	55	55
Huila	458	27	20
La Guajira	222	36	27
Magdalena	512	89	42
Meta	233	54	34
Nariño	437	65	42
Norte de Santander	230	48	39
Putumayo	109	32	19
Quindío	451	33	26
Risaralda	301	46	33
Santander	695	101	172
Sucre	67	19	15
Tolima	152	34	24
Valle	448	78	46
Vaupés	67	14	12
Vichada	75	20	18
TOTAL	12.703		

* Incluye los registros de las especies categorizadas como CR, EN y VU según UICN.

Fuentes: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Instituto Sinchi 2002-2009) y Registros biológicos del SiB Colombia.

Figura 4-20. Número de especies amenazadas por categoría UICN y por grupo biológico

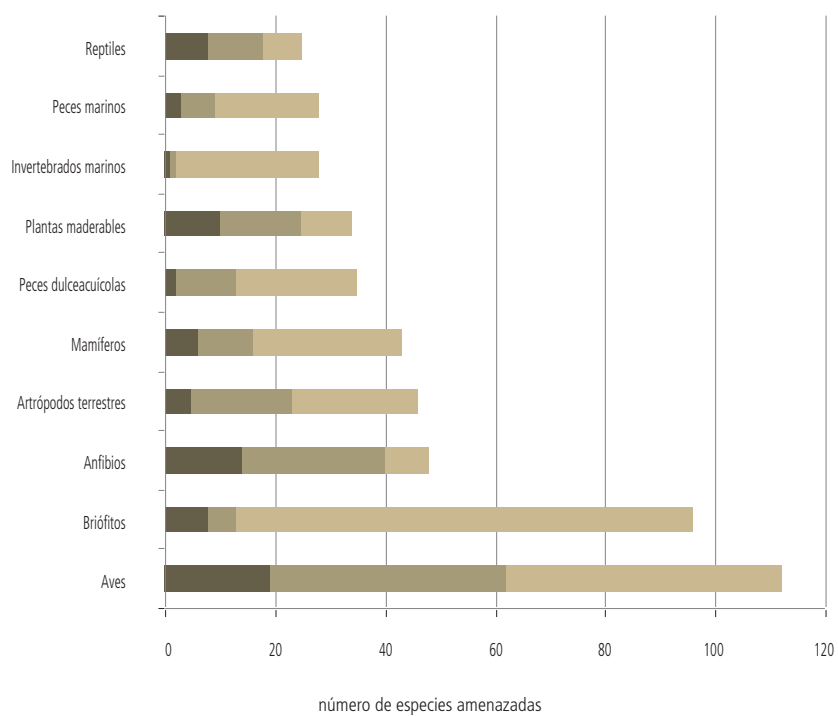
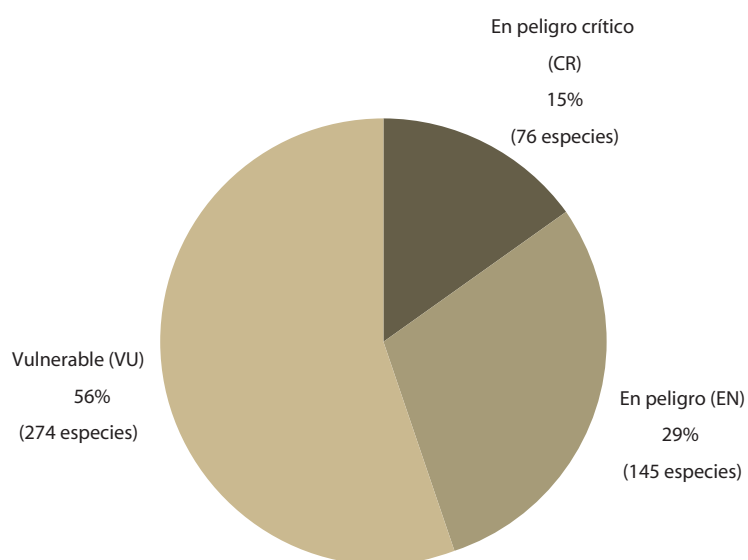


Figura 4-21. Número total de especies amenazadas por categoría UICN



4.8 Registro Nacional de Colecciones Biológicas

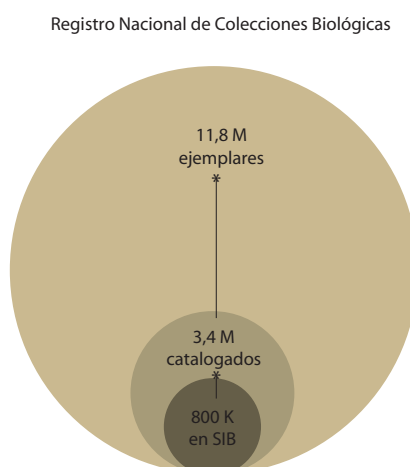
El Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNCB) es el instrumento administrativo que ampara la tenencia legal de las colecciones biológicas en el país. El Decreto 309 de 2000 estipula que los especímenes o muestras obtenidos en actividades asociadas con permisos de estudio con fines de investigación científica deben ser depositados en colecciones biológicas registradas ante el Instituto Alexander von Humboldt. El procedimiento para el registro fue reglamentado por la Resolución 1115 de 2000 del Ministerio del Medio Ambiente, en la que se estableció que el titular de la colección debe actualizar cada dos años la información de dicho registro.

En el RNCB están registradas actualmente 194 colecciones. En total, las colecciones registradas reportan 15.368.371¹⁹ de ejemplares que incluyen microorganismos, hongos, plantas y animales (Tabla 4-8 y Figura 4-22). Los grupos biológicos con mayor número de especímenes son insectos, artrópodos, plantas vasculares (todos estos con más de un millón de especímenes) y peces.

Tabla 4-8. Número de ejemplares en las colecciones inscritas en el RNCB y porcentaje de determinación taxonómica por grupos generales

Grupo biológico	% familia	% género	% especie	Catalogados	Sin catalogar
Invertebrados	83	59	45	1.234.502	11.474.718
Limnología	45	25	14	3.378	5.390
Microorganismos	60	63	38	31.060	5.110
Plantas	91	78	60	1.567.696	335.522
Vertebrados	92	87	80	645.286	65.709
TOTAL				3.481.992	11.886.449

Figura 4-22. Número de especímenes de colecciones inscritas en el RNCB, discriminado por catalogación y puesta a disposición a través del SIB Colombia



¹⁹ Cifra actualizada a octubre de 2011.

Solamente 3.481.992 de especímenes está catalogado (14%). Los grupos con mayores porcentajes de especímenes no catalogados son artrópodos, insectos, algas, protozoos y nemátodos. Los grupos con mayores porcentajes de especímenes catalogados son corales, anélidos, aves, tremátodos, equinodermos, peces y la colección de tejidos. En promedio, para todas las colecciones inscritas, 59% de los especímenes está determinado hasta el nivel de especie, 77% hasta género y 88% hasta familia. En cuanto a la dinámica de actualización de la información del RNCB, debe mencionarse que 83 colecciones actualizaron información en el periodo 2009-2011 (22 en 2009, 50 en 2010 y 11 en 2011) y 28 colecciones se registraron por primera vez en el mismo periodo. A continuación se incluye el resumen de los procedimientos del RNCB por año. (Tabla 4-9).

Tabla 4-9: Resumen de los procedimientos del RNCB por año

Año	Registros	Actualizaciones
2001	89	0
2002	47	0
2003	11	57
2004	9	52
2005	1	19
2006	0	22
2007	0	6
2008	9	70
2009	4	22
2010	14	50
2011	10	11

También vale anotar que en el RNCB no se encuentra información sobre porcentaje de registros sistematizados o georreferenciados. Tampoco se encuentra información del contenido taxonómico de las colecciones con más detalle que los niveles presentados en la Tablas 4-10, 4-11 y 4-12 y Figura 4-23. Por último, como se advierte en las notas de las tablas y figuras de esta sección, la estructura del formato de registro da lugar a ambigüedades y reportes dobles, como en el caso de artrópodos, insectos y crustáceos.

Tabla 4-10. Número de ejemplares de invertebrados en las colecciones inscritas en el RNCB y porcentaje de determinación taxonómica

Grupo biológico		% familia	% género	% especie	Catalogados	Sin catalogar
Anélidos		79	47	36	7.038	1.559
Artrópodos (en general)		83	55	38	1.168.582	10.387.802
	Arácnidos	83	64	54	8.242	4.082
	Artrópodos	77	53	38	269.359	11.063.429

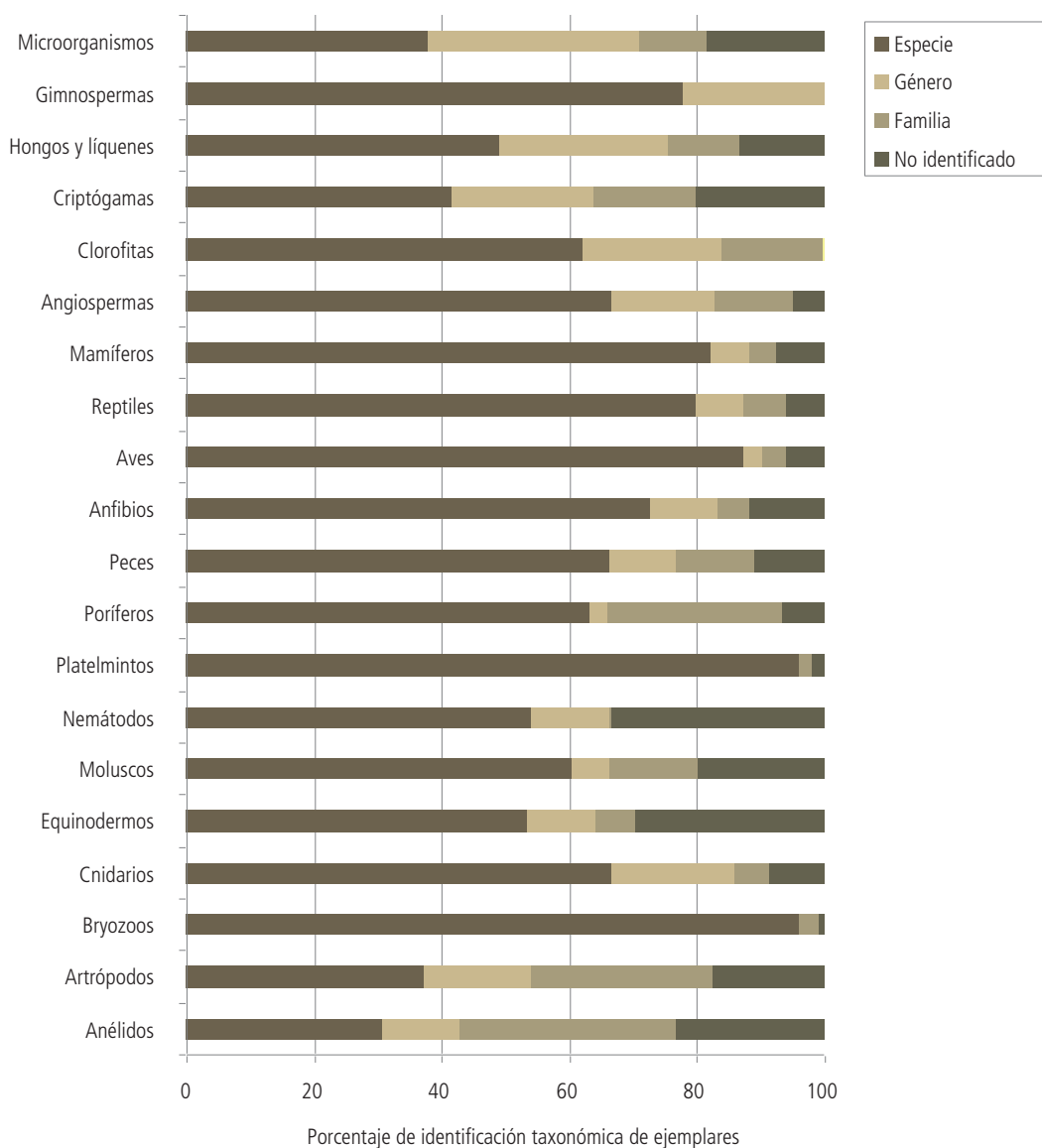
	Crustáceos	82	56	40	28.708	592
	Insectos	87	54	36	862.273	10.387.210
Celenterados		95	92	80	3.636	334
Equinodermos		82	78	72	3.770	608
Moluscos		82	69	63	47.247	12.111
Otros	Nemátodos, platelmintos, poríferos, sipuncúlidos, briozoos	78	68	64	4.229	3.025

Tabla 4-11. Número de ejemplares de plantas en las colecciones inscritas en el RNCB y porcentaje de determinación taxonómica

Grupo biológico		% familia	% género	% especie	Catalogados	Sin catalogar
Briofitos		80	64	43	102.894	53.663
Plantas vasculares		95	84	67	1.451.903	277.646
Hongos		86	73	49	6.426	778
Otros	Gimnosperma, helechos, líquenes, algas	96	85	54	6.473	3.435
Ejemplares en colección viva		90	81	71	109.814	35.574
Ejemplares en herbario		91	77	57	1.457.882	299.948

Tabla 4-12. Número de ejemplares de vertebrados en las colecciones inscritas en el RNCB y porcentaje de determinación taxonómica

Grupo biológico	% familia	% género	% especie	Catalogados	Sin catalogar
Anfibios	89	85	76	107.132	6.488
Aves	93	91	89	118.569	6.071
Mamíferos	93	88	82	59.100	6.861
Peces	91	79	69	307.376	40.778
Reptiles	95	89	83	48.067	5.511

Figura 4-23. Nivel de identificación taxonómica por grupo biológico en las colecciones del RNCB²⁰

4.9 Metadatos de la información sobre biodiversidad en Colombia

(Autores: Mónica L. Vera Ardila, Administradora de la Red Nacional de Metadatos sobre Biodiversidad, y Jaime J. Parada Rendón, Investigador de apoyo en la temática de metadatos - IAvH).

La mayoría de la información sobre biodiversidad en el país se encuentra dispersa geográficamente, almacenada en distintos formatos y no sabemos cuáles son sus condiciones de acceso y uso. Esto ha generado problemas relacionados con la replicación de recursos, tanto humanos como financieros, para la generación de información.

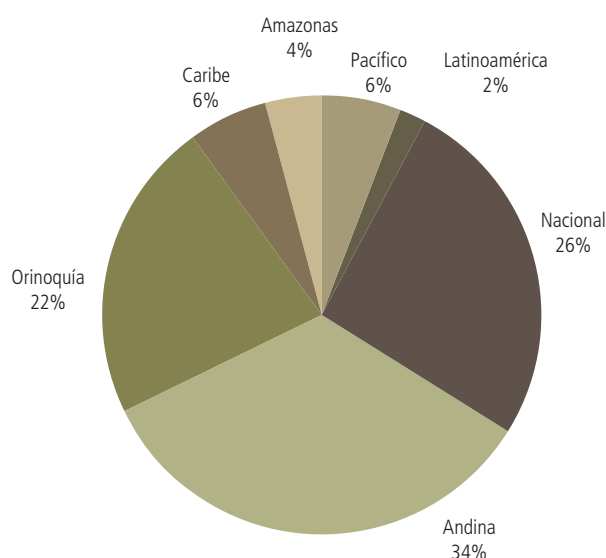
²⁰ El agrupamiento se hizo de acuerdo con el formato de registro de la resolución 1115 de 2000.

Bajo ese contexto y con el objeto de cubrir estas necesidades, nació el Catálogo Nacional de Metadatos de Conjuntos de Datos sobre Biodiversidad (CNMB), que facilita el conocer, recuperar y mantener en el tiempo la información sobre biodiversidad del país descrita mediante unas fichas llamadas metadatos. Este catálogo se sustenta en una red nacional compuesta por cerca de 60 entidades de orden nacional, regional y local que comparten cerca de 8.000 fichas-metadatos relacionadas con biodiversidad. El análisis de la información integrada en este catálogo nos permite aproximarnos al estado del conocimiento en ciertas temáticas relacionadas con biodiversidad, identificar vacíos de información y actores en los temas de interés.

En esta sección se presenta la información de las fichas-metadatos disponibles en el CNMB, específicamente en la distribución territorial de los aportes al mismo, haciendo evidente el esfuerzo del SiB de Colombia en la coordinación de esta iniciativa y su importancia estratégica para el conocimiento de la biodiversidad del país. Estos análisis permitirán aproximarnos al estado del conocimiento (información) que sobre cada tema se genera en el país.

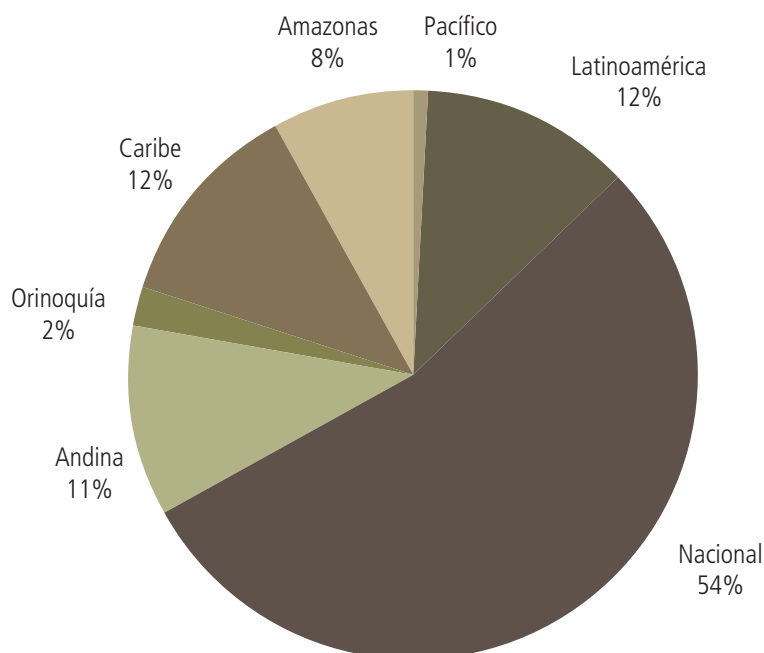
De acuerdo con la información incluida en las fichas-metadatos se puede identificar una amplia variedad de instituciones aportando información, que a su vez abarcan una variedad de áreas de influencia; la Figura 4-24, hace referencia a las instituciones del orden nacional y regional (región geográfica), categorizadas por el tipo de actividad que realizan y el sitio en el que estas se desarrollan. Es interesante destacar que del total de instituciones, el 34% tiene una influencia en la región Andina, mientras que solo el 26% de los metadatos son elaborados por instituciones del orden nacional.

Figura 4-24: Área de influencia de las instituciones que documentan metadatos en la Red Nacional de Metadatos



Las áreas de influencia que se caracterizaron se ven parcialmente reflejadas en la cantidad de fichas-metadato disponibles por región geográfica como se observa en la Figura 4-25. En contraste con la figura anterior, más del 50% de los metadatos disponibles para consulta a través del CNMB pertenecen a instituciones que tienen influencia nacional, (correspondiente al trabajo de un cuarto de las entidades que hacen parte de la red), mientras que solo el 11% de los metadatos disponibles corresponden a la región Andina, lo que indica que, a pesar de que el 34% de las instituciones tienen influencia en esta zona, no hay muchos metadatos disponibles para consulta provenientes de esta región.

Figura 4-25. Metadatos por región en el Catálogo Nacional de Metadatos sobre Biodiversidad

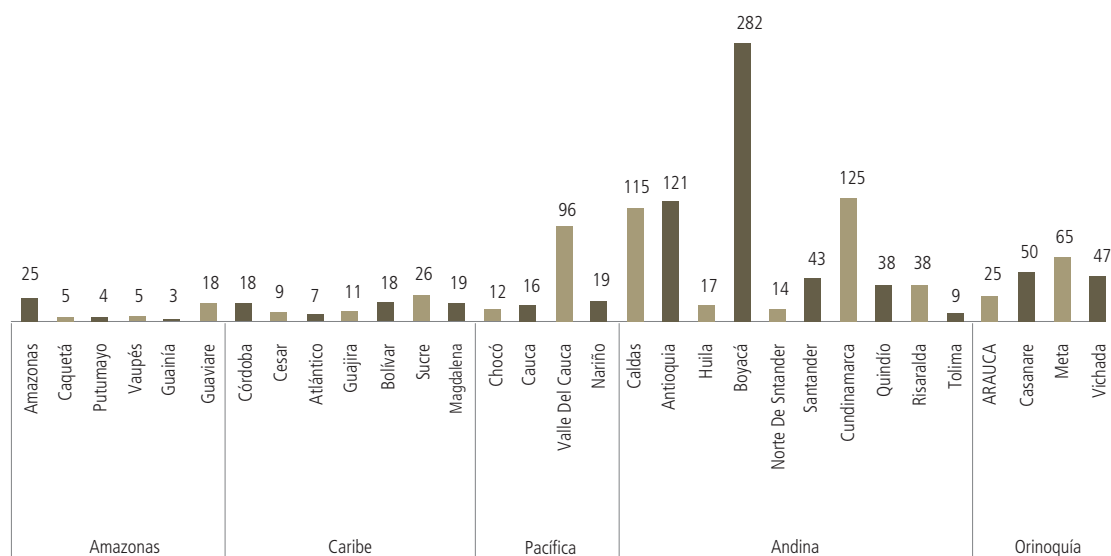


Un caso interesante es el de la región del Pacífico, donde a pesar de que el 6% de las entidades tienen allí influencia, solo el 1% de los metadatos disponibles para consulta corresponden a esta zona. En la región Amazónica, el 4% de las entidades que hacen parte de la red tiene influencia en esta región y representa el 8% de los metadatos disponibles para consulta en el Catálogo.

En este orden de ideas, para la región Andina, la mayor parte de sus esfuerzos de documentación recaen en los departamentos de Boyacá (282), Cundinamarca (125), Antioquia (121), Caldas (115), a diferencia de los departamentos del Norte de Santander, Huila (17) y Tolima (9), que no tuvieron una alta representación de documentación dentro del CNMB. Por otra parte, los departamentos de Meta (65), Casanare (50) y Vichada (47), fueron los más representativos para la región de la Orinoquía, en contraste con el departamento de Arauca (25). Sin embargo, el esfuerzo de documentación de esta región es constante, teniendo en cuenta el número de departamentos (Figura 4-26).

Para la región Pacífica, el departamento que tuvo el mayor número de metadatos documentados fue el Valle de Cauca (96), a diferencia de los departamentos de Nariño (19), Cauca (16) y Chocó (12). La región del Caribe y de la Amazonía tuvieron tendencia a presentar una baja documentación de metadatos teniendo en cuenta el número de departamentos que componen cada región. Sin embargo, los departamentos de Sucre (26), Magdalena y Córdoba (19 cada uno), para la región Caribe, y los departamentos de Amazonas (25) y Guaviare (18), en la Amazonía, presentaron altos esfuerzos de documentación.

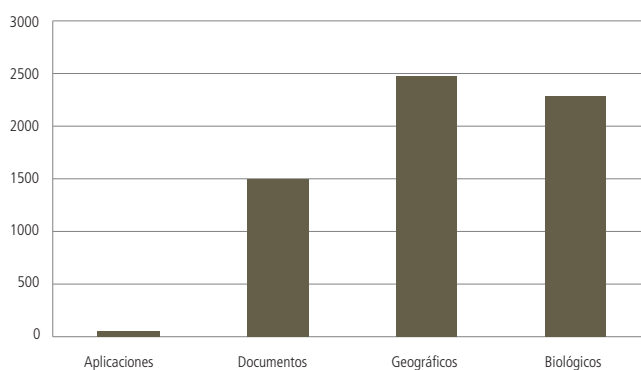
Figura 4-26. Número de metadatos* por región natural



* Estos datos corresponden al nodo central, custodiado por el Instituto Alexander von Humboldt. No se incluyen los datos del nodo Caribe (coordinado por Invermar), nodo Pacífico (coordinado por el IIAP), nodo Amazonía (coordinado por Sinchi) ni nodo Parques Nacionales Naturales de Colombia.

En la categoría de tipo de metadatos disponibles, se puede acceder a información descrita de conjuntos de datos sobre biodiversidad, entendidos como una agrupación de registros con un criterio particular que puede ser taxonómico, geográfico o metodológico. En esta categoría se encuentran registradas bases de datos, tablas de datos, documentos de trabajo, mapas, aplicaciones web, publicaciones, etc. (Figura 4-27). Dentro del CNMB estos conjuntos de datos se crean basados en distintas estructuras que llamamos perfiles. El grueso de los metadatos se encuentran disueltos en los perfiles para conjuntos de datos biológicos (cerca de 2.000 metadatos) y en geográfico (2.500 metadatos), seguidos por el perfil de documentos (1.500); mientras que las aplicaciones cuentan con no mucho más de 30 metadatos.

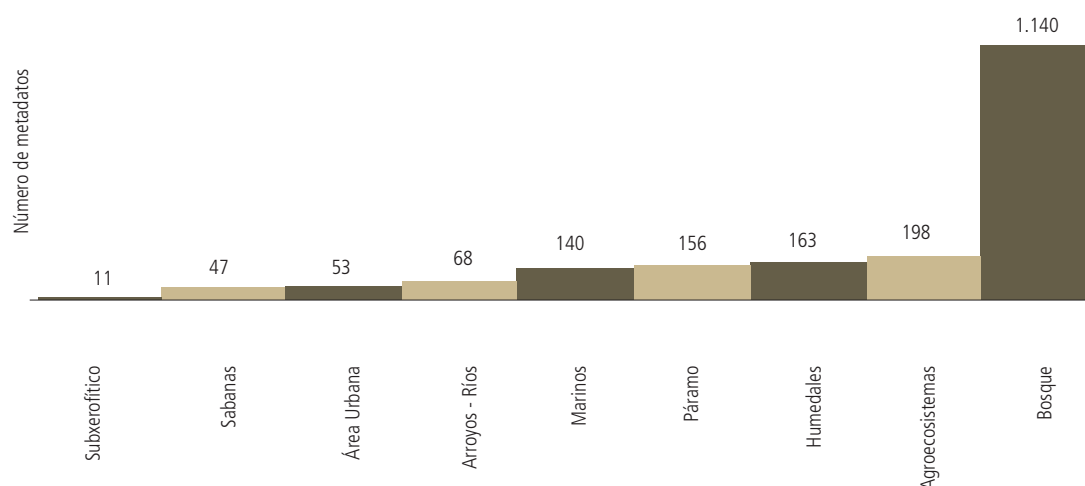
Figura 4-27. Número de metadatos* por tipo



* Estos datos corresponden al nodo central, custodiado por el Instituto Humboldt. No se incluyen los datos del nodo caribe (coordinado por Invermar), nodo pacífico (coordinado por el IIAP), nodo Amazonía (coordinado por Sinchi) ni nodo Parques Nacionales Naturales de Colombia.

También se pueden categorizar los metadatos incluidos en el CNMB con criterios acordes con el escenario ecosistémico del país y en consecuencia es posible clasificar los metadatos referidos a conjuntos de datos en bosques, agroecosistemas, humedales, páramos, ecosistemas marinos, arroyos y ríos, áreas urbanas, sabanas y ecosistemas subxerofíticos. Es una clasificación muy general que pretende relevar la representatividad de la creación de metadatos para ciertos ecosistemas. Hay 1.140 metadatos para el ecosistema bosque (53%), el cual tiene la más alta representación en la totalidad de metadatos documentados y disponibles en el CNMB. Lo siguen los agroecosistemas, con el 9%, los humedales con un 8%, 7% para páramo, 6% en los ecosistemas marinos, los arroyos-ríos con el 3%, las áreas urbanas y sabanas con 2% cada una y los ecosistemas subxerofíticos con el 1% (Figura 4-28).

Figura 4 28. Número de metadatos con perfil de documentación por tipo de ecosistemas generales*

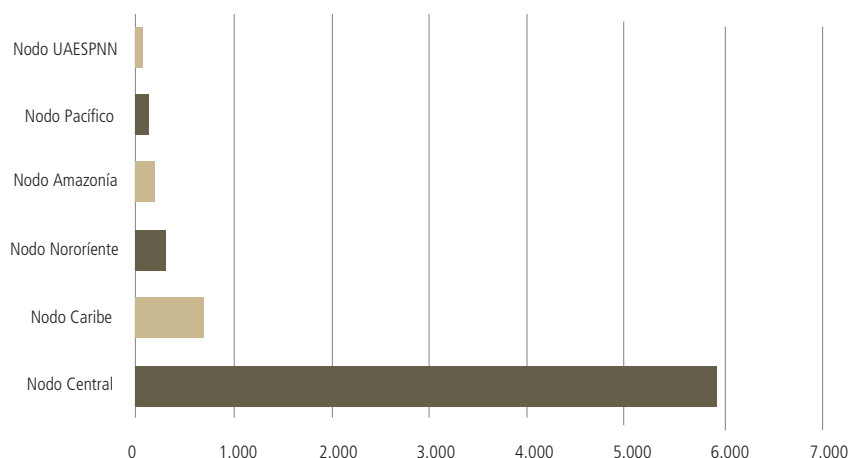


* Estos datos corresponden al nodo central, custodiado por el Instituto Humboldt. No se incluyen los datos del nodo caribe (coordinado por Invermar), nodo pacífico (coordinado por el IIAP), nodo Amazonía (coordinado por Sinchi) ni nodo Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Es importante resaltar que se debe ser muy cuidadoso con las interpretaciones, sin embargo los datos presentados señalan la falta de representación de cierto tipo de ecosistemas en el CNMB.

Los metadatos disponibles en el CNMB corresponden a información gestionada y creada por instituciones que son denominadas nodos de metadatos. Estas instituciones fundamentan el trabajo de la red y son componentes muy importantes en su funcionamiento. Actualmente, la Red Nacional de Metadatos cuenta con 6 nodos regionales y temáticos (Figura 4-29). Estas entidades promueven el uso de los conceptos y herramientas técnicas y tecnológicas en sus regiones para la gestión eficiente de los metadatos.

Figura 4-29. Número de metadatos por nodo de la Red Nacional de Metadatos



Los nodos que hacen parte de la red son:

- **Nodo central.** Coordinado por el Instituto Alexander von Humboldt, cuyo nodo aporta cerca de 6.000 metadatos para consulta en el Catálogo Nacional de Metadatos. Este nodo incluye más de 35 entidades del país que no son nodos y que utilizan la instancia del SiB central, coordinada por el Humboldt para la creación de sus metadatos.
- **Nodo nororiente.** Coordinado por la Corporación Autónoma Regional de Chivor, que aporta más de 300 metadatos de 5 instituciones regionales.
- **Nodo Caribe.** Coordinado por el Invermar, que aporta 693 metadatos.
- **Nodo Amazonía.** Coordinado por el Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana, coordinado por el Instituto Sinchi, que aporta 204 metadatos de al menos 10 instituciones regionales.
- **Nodo Pacífico.** Coordinado por el Sistema de Información Ambiental Territorial del Pacífico Colombiano, coordinado por el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), que aporta 137 metadatos.
- **Nodo temático Parques Nacionales Naturales.** Coordinado por Parques Nacionales Naturales de Colombia, que aporta 82 metadatos.
- **Nodo temático GEBIX.** Coordinado por el Centro Colombiano de Genómica y Bioinformática de Ambientes Extremos, que está en el proceso de implementación y documentación de metadatos de secuencias de metagenómica.

Como se mencionó anteriormente, esta es solo una aproximación general a las potenciales que tiene el CNMB para el análisis de la información sobre biodiversidad que se está generando en el país, pero hay mucho trabajo por delante en términos de integrar más entidades a la red, a través de los nodos regionales y temáticos.

4.10 Bibliografía Estado de los Ecosistemas Continentales

Acosta-Galvis, A. R., J. C. Señaris, F. Rojas-Runjaic y D. R. Riaño-Pinzón. «Anfibios y reptiles». Cap. 8 de *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad*, editado por C. A. Lasso, J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial, 258-289. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquía (Universidad Nacional de Colombia), 2010.

Andrade-C., M. G. «Estado de conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política». *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 35, N° 137 (2011): 491-507.

Asociación Colombiana de Ornitología checklist committee. *Species lists of birds for South American countries and territories: Colombia*. 19 de noviembre de 2009. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCCountryLists.html>.

Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. Gutiérrez, D. L. Gil, y C. A. Lasso. *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2010.

Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F.P., Gil, D. L., Lasso, C.A. (eds.). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), 2010.

Bernal, R., M. Celis, y S. R. Gradstein. «Plant diversity of Colombia catalogued». *Taxon* 56, N° 1 (2007): 273.

Chaves, M. E. y Santamaría, M. (eds). *Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004*. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 2 Tomos, 2006.

Chaves, M. E. y M. Santamaría. *Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004*. 2 tomos. Bogotá: Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2006.

Fernandez, C. F., Andrade, C. M. G. y Amat, G. G. (eds.). *Insectos de Colombia*, Vol. 3. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá, 2004.

Fernández, C., F., M. G. Andrade, C., y G. Amat, G., *Insectos de Colombia*. Vol. 3. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2004.

Ferrer, A., y otros. «Lista de los mamíferos de la cuenca del río Orinoco». *Biota Colombiana* 10, N° 1 y 2 (2009): 179-207.

Frost, D. R. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Vers. 5.5. American Museum of Natural History. 31 de enero de 2011. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/>.

IDEAM. *Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia 2001*. Tomo 3. Bogotá: Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), 2002.

IDEAM. «SIAC Tomo III Perfil». 2002.

IDEAM, Igac, Humboldt, Invenmar, Sinchi, IIAP. *Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos de Colombia*. Bogotá, 2007.

IDEAM, Igac, Humboldt, Invenmar, Sinchi, IIAP. *Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos de Colombia*. 2007.

IDEAM, Igac, Humboldt, Invenmar, Sinchi, IIAP. «Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos de Colombia». Bogotá, 2007c.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). *Atlas Básico de Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2008.

Jørgensen, P. M., y otros. «Regional Patterns of Vascular Plant Diversity and Endemism». En *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*, de S. K. Herzog, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiess, 192-203. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (Scope), 2011.

Jørgensen, P.M., Ulloa-Ulloa, C., León, B., León-Yáñez, S., Beck, S.G., Nee, M., Zarucchi, J.L., Celis, M., Bernal, R. & Gradstein, S.R. «Regional Patterns of Vascular Plant Diversity and Endemism». En *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*, de S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M. & Tiessen, H. (eds).

Sebastian K. Herzog, 192-203 p. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (Scope), 2011.

Krieger, K, y D.A., D.A. (eds.) Ochoa. *Estado de la investigación en biodiversidad y de la cooperación científica y técnica en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Agencia de Cooperación Alemana al Desarrollo, 2002.

Krieger, K., y D. A. Ochoa. *Estado de la investigación en biodiversidad y de la cooperación científica y técnica en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Agencia de Cooperación Alemana al Desarrollo GTZ, 2002.

Lapage, Denis. Avibase. Bird Studies Canada. Birdlife International. 2011. <http://avibase.bsc-eoc.org>.

Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (eds). *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad*. Bogotá, D. C., Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquía (Universidad Nacional de Colombia), 2010.

Linares, E., y M. Vera-Ardila. *Catálogo de los moluscos continentales de Colombia*. Biblioteca José Jerónimo Triana 23. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, 2012.

Machado-Allison, A., y B. Bottini. «Especies de la pesquería continental venezolana: un recurso natural en peligro». *Boletín Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela*, N° 19 (2010): 59-75.

Maldonado-Ocampo, J., R. P. Vari, y J. S. Usma. «Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia». *Biota Colombiana* 9, N° 2 (2008): 143-237.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Instituto Sinchi. «Serie de Libros rojos de las Especies Amenazadas de Colombia». 2002-2009.

Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourt J.C., Olaya E., Posada E. y Cárdenas L. Atlas de páramos de Colombia. Bogotá, D. C. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007.

Morales, M., y otros. Atlas de páramos de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia 2010. Editado por M. Salazar, S. Daza-Caicedo, D. Lucio-Arias, J. Lucio y L. Colorado-Aldana. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010.

Restrepo-Calle, S., M. Lentino, y L. G. Naranjo. «Aves». En Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, editado por C. A. Lasso, J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial, 291-309. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquía (Universidad Nacional de Colombia), 2010.

Salaman P.G.W., Cuadros T., Jaramillo J.G. y Weber W.H. «Informe». Citado por Bravo y Naranjo (2006) en: Chaves, M.E. y Santamaría, M. (eds). 2006. Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004., de M.E. y Santamaría, M. (eds). 2006. Chaves. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 2 Tomos. Tomo 2. 2001.

Salaman, P.G.W., T. Cuadros, J. G. Jaramillo y W. H. Weber. Lista de chequeo de las aves de Colombia. Medellín: Sociedad Antioqueña de Ornitología, 2001.

Salazar, M. Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2010. Editado por Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Bogotá, 2010.

Salazar-Holguín, F., Benavides-Molineros, J., Trespalacios-González, O. L. y Pinzón-Flórez, L. F. «Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente 2009». 2011. Disponible en línea en: http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/institucional/inf_estado_recursos_2009_v1.pdf.

Salazar-Holguín, F., J. Benavides-Molineros, O. L. Trespalacios-González y L. F. Pinzón-Flórez. Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Componente de Biodiversidad Continental-2009. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2010.

Sarmiento, J. «La familia Orchidaceae en Colombia». Actual. Biol. Supl. 1 (2007).

Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Biodiversidad en cifras. 2011. <http://www.sibcolombia.net>.

Soberón, J., y A. T. Peterson. «Monitoring Biodiversity Loss with Primary Species-occurrence Data: Toward National-level indicators for the 2010 Target of the Convention on Biological Diversity». Ambio: A Journal of the Human Environment 38, N° 1

(2009): 29-34.

Suárez-Mayorga, A. M., ed. *Guía del administrador de información sobre biodiversidad*. Bogotá: Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007.

Suárez-Mayorga, A. M. *Guía del administrador de información sobre biodiversidad*. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB). Bogotá D.C., Colombia.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007, 74 p.

Suárez-Mayorga, A. M., R. G. Bernal, y D. Cárdenas-López. *Estándar para intercambiar información a nivel de organismos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2005.

—. *Estándar para intercambiar información a nivel de organismos*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2005b.

Trujillo, F., E. Crespo, P. A. Van Damme y J. S. Usma. *The action plan for South American River Dolphins 2010-2020*. Bogotá: WWF, Fundación Omacha, WCS, WDCS, Solamac, 2010.

UNFPA. *The State of World Population*. 2011.

Yepes, A., P. Galindo, Vivas-Segura A. J., y R. D. Mateus. *Aproximación al estado de las actividades de investigación y cooperación científica y técnica sobre medio ambiente con énfasis en biodiversidad*. Editado por Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. 2007.

Yepes, A., P. Galindo, A. J. Vivas-Segura, y R. D. Mateus. *Aproximación al estado de las actividades de investigación y cooperación científica y técnica sobre medio ambiente con énfasis en biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007.

5. Estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico colombiano



Mapa de Indicadores Estructura Ecológica Principal de la Región del Chocó Biogeográfico Colombiano

Componente biodiversidad. Criterio de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas	
Abundancias naturales de especies particulares (Guandales, Naidizales, Cativales, Arracachales)	Subregión ecogeográfica
Riqueza y diversidad de especie	Subregión ecogeográfica/grupo biológico - nivel taxonómico
Riqueza y diversidad de ecosistema	Subregión ecogeográfica/tipo de ecosistema/especies- género vegetales asociadas al ecosistema
Especies objeto de conservación	Subregión ecogeográfica/ Especies amenazadas, endémicas, raras
Ecosistemas relictuales, amenazados y singulares	Subregión ecogeográfica/ tipo de ecosistema / descripción biofísica del ecosistema
Criterio de funcionalidad de los ecosistemas-Integridad ecológica	
Conectividad estructural entre ecosistemas	corredor biológico/ Presencia de especies endémicas y amenazadas, la presencia de rutas migratorias, la conservación de áreas vírgenes y características biofísicas
Identificación de áreas a ser restauradas	Subregión ecogeográfica/Factores de degradación
Áreas conservadas por las comunidades	Subregión ecogeográfica/Municipio-área seleccionada
Criterio de provisión	Cuencas hidrográficas/ Área (km ²)/ Características biofísicas y sociales
Componente cultural	
Criterio cultural	Sitios sagrados o de valor étnico, lugares con vestigios culturales pre y coloniales
Estructura ecológica principal	Área total (ha), número de áreas con riqueza de especies y ecosistemas (endemismo y amenazados) número de corredores biológicos, número de áreas degradadas, número de ríos de conectividad

(Autores: William Klinger Braham, Giovanni Ramírez Moreno, Jairo Miguel Guerra Gutiérrez, Lady Vargas Porras, Zulmary Valoyes Cardozo, Nelsy Bonilla y Fredy Carabalí Mosquera - IIAP).

La Estructura Ecológica Principal cumple la función de soportar la diversidad biológica de un territorio, propendiendo a la conservación de la misma y de su función de proveer bienes y servicios ambientales a las comunidades. De ahí que esté definida en el Decreto 3600 de 2007 como un "conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales de un territorio cuya finalidad principal es la preservación, conservación, reestauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones" (num.1, artículo 1°).

Partiendo de este contexto se diseñó y construyó una estructura ecológica principal para la región del Chocó biogeográfico que, a partir de criterios específicos, logra integrar aspectos biológicos, ecosistémicos, productivos y socioculturales. Dichos criterios representan un esfuerzo por darle relevancia a aquellos ecosistemas de los cuales se sabe que son utilizados por algunas especies para completar su ciclo de vida y con ello se mantiene la biodiversidad del país. Adicionalmente, teniendo en cuenta la condición de funcionalidad y servicios que debe cumplir la estructura ecológica principal, se seleccionó una red constituida por áreas naturales que actúan como medios únicos de transporte, sin los cuales se rompería la comunicación y movilidad entre los pueblos y que además sirven de conexión entre otras áreas de importancia por su diversidad y singularidad de especies o ecosistemas. Estas características están ampliamente representadas por las fuentes hídricas y ecosistemas que hacen parte del territorio del Chocó biogeográfico, las cuales además de ser abundantes en la zona, constituyen en muchos casos la única vía de transporte para las comunidades localizadas en su área de influencia, así como el medio de obtención de los recursos naturales necesarios para su subsistencia y un factor determinante en sus prácticas culturales y productivas.

Teniendo en cuenta que la estructura ecológica principal debe contar con una composición que permita asegurar el funcionamiento ecosistémico y la prestación de servicios para el bienestar de la población, se seleccionaron bajo diferentes criterios, aquellas áreas naturales y fuentes hídricas principales que lograran a través de su conexión natural, el enlace de todas las zonas de interés biológico, cultural y productivo del territorio. De ahí que la estructura planteada se constituyera buscando abarcar la totalidad del área de la región.

El presente documento muestra como resultado una descripción y representación geográfica de los elementos seleccionados para su conformación, entre los cuales se tuvieron en cuenta sitios con diversidad y singularidad de especies y ecosistemas, funcionalidad de los mismos, integridad ecológica, y sitios de importancia cultural, conectados a través de corredores y fuentes hídricas de gran importancia que proveen de servicios de movilidad y transporte únicos.

- Concepto de Estructura Ecológica

Sistema de áreas del territorio nacional que aseguren en el tiempo la conservación de la biodiversidad, su funcionalidad y la prestación de servicios ecosistémicos que sustentan el bienestar de la población.

Notas:

Se debe precisar que la EE debe ser adaptativa y esto dependerá de la nueva información disponible y de nuevos retos de conservación dependiendo las dinámicas (cambio climático, etc.).

Definición del Decreto 3600 de 2007: "Estructura Ecológica Principal. Conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones" (num. 1, artículo 1°).

Meta Superior

El sistema de áreas que integra la Estructura Ecológica de la nación asegura en el tiempo la protección de la diversidad biológica en sus diferentes niveles de organización y de los servicios que proveen los ecosistemas naturales, orientando el manejo adecuado esas áreas.

Notas:

La Meta Superior corresponde a la visión de lo que debe estar representado en la EE del país y lo que se espera con su adecuado manejo.

Principios

P1. La EE contiene las áreas que aseguran la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica del país.

P2. La EE contiene las áreas de mayor significancia en la oferta de servicios ecosistémicos que benefician a la población y soportan el desarrollo económico.

Notas:

Los principios se plantean desde lo que debe estar representado en la EE, no desde las acciones específicas que haya que realizar para mantenerla (preservación, restauración, uso sostenible, regulación, etc.).

En los dos principios se incluye la biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Entre los dos principios se referencian los tres ejes de la sostenibilidad: equilibrio ecológico, económico y social.

5.1 Metodología General

Para la elaboración de la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico se tomó como base la herramienta metodológica construida por el equipo técnico (MADS, IDEAM, HUMBOLDT, Sinchi, IIAP, Invemar, UESPIN), se utilizaron los componentes, principios y criterios contenidos en el modelo de la matriz PC&I y se usaron las siguientes definiciones:

- Metodología de información espacial por criterios

Para la generación de los diferentes ejes de la estructura ecológica se utilizaron diferentes mapas temáticos de fuentes variadas, los cuales se citan a medida que se describen los criterios.

Para la generación de la información espacial de cada criterio de la estructura Ecológica Principal del Pacífico colombiano, se utilizó la información base a escala 1:100.000 suministrada por el IGAC, en las llamadas Geo Data Base (IGAC GeoDataBase-2008), en las cuales se encuentran presentes los ítems de superficies de agua (drenajes dobles-ríos, drenajes sencillos-quebradas, ciénagas, lagunas, embalse, bancos de arena, canales sencillos, islas, madre vieja y pantanos), relieve (cuervas de nivel), aspectos administrativos (centros poblados), toponimios (sitios orográficos), transporte aéreo y terrestre (carreteras vías fluviales y férreas).

- Descripción metodológica espacial para el componente biodiversidad

Para la generación de información espacial de este componente (incluye los criterios de Diversidad y singularidad de especies, Funcionalidad de ecosistemas e Integridad ecológica) se describen las áreas actuales y potenciales que contienen alta ri-

queza y diversidad de especies, ecosistemas, objeto de conservación (amenazadas, endémicas, raras, migratorias), ecosistemas relictuales, amenazados y singulares, se utilizó la información espacial (cartografía utilizada) que se describe a continuación:

1. Geodatabase del IGAC a escala 1:100.000.
2. Límites Municipales y Nacionales de Colombia a escala 1:100.000.
3. Mapas de Referencia (América, República de Panamá y Límite marítimo Colombiano).
4. Manglares del IIAP generado en el IIAP en el 2005, Manglares del Mapa de Ecosistemas Continentales, Marinos y Costeros del IGAC, y Manglares del Proyecto de Zonificación Ecológica del Pacífico Colombiano.
5. Otros Estudios del IIAP.
6. Otros Estudios del Corporaciones regionales del Pacífico.

La selección de áreas definitivas de cada criterio se obtuvo mediante la selección de áreas de algunos municipios, la digitalización de áreas específicas descritas y tomadas de los mapas de los informes técnicos del IIAP y la unificación de proyección de los mapas temáticos suministrados por los institutos. Adicionalmente, se realizó una interpretación del componente y se diagramó un mapa temático a escala fuente de dato de 1:100.000, con escala de impresión de 1:800.000.

- Descripción metodológica espacial del componente funcionalidad y servicios (criterio provisión)

Para la generación de la estructura del criterio de provisión, el cual describe las áreas actuales y potenciales que permitan asegurar el funcionamiento ecosistémico y la prestación de servicios para el bienestar de la población en lo relacionado a movilidad y transporte, se utilizó la siguiente información (cartografía empleada):

1. Geodatabase del IGAC a escala 1:100.000
2. Límites Municipales y Nacionales de Colombia a escala 1:100.000
3. Mapas de Referencia (América, República de Panamá y Límite marítimo Colombiano).
4. Mapa de cuencas y subcuencas hidrográficas generadas por el IIAP, con la metodología propuesta por el IDEAM, en la que se estimó ocho grandes Cuencas y 80 Subcuencas con sus respectivas áreas en la proyección de Magna-Sirgas, específicamente en el sistemas de coordenadas planas Magna Colombia Oeste.

Se seleccionaron 22 fuentes hídricas del Pacífico colombiano que cumplieran con la función de constituir el único medio de transporte para las comunidades negras e indígenas de la región, además de permitir la conexión de áreas de importancia ecológica identificada de acuerdo a los demás criterios de la estructura ecológica. A cada fuente se le realizó verificación de toponimia, disolución de partes y unificación de la tabla de datos. Se diagramó un mapa temático con escala fuente de dato de 1:100.000 y escala de impresión de 1:800.000.

5.2 Componente biodiversidad

5.2.1 Criterio de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas

Para el diseño y selección de la estructura ecológica principal según el componente de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas se utilizaron los criterios que se describen a continuación:

- Riqueza y diversidad de especies

La estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico según el criterio de diversidad y riqueza debe incluir

áreas naturales con altos índices de diversidad en cualquiera de los grupos biológicos presentes, las áreas deben permitir la obtención de datos que se puedan evaluar a la hora de ser tenido en cuenta en el establecimiento figuras de conservación potenciales para la conservación de especies. Un sitio con alta representatividad será para efectos de esta propuesta aquel donde se encuentra un gran número de elementos de la biodiversidad tanto a nivel ecosistémico como de especies.

- **Abundancias naturales de especies particulares**

La estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico de acuerdo con este criterio debe incluir áreas naturales que contengan una concentración de especies particulares, que formen extensas áreas y que a su vez sean claves para el desarrollo y mantenimiento de una diversidad de organismos que dependen de estas áreas para realizar sus procesos biológicos, en calidad de residente o visitante. Al mismo tiempo, estas áreas se constituyen en fuente de desarrollo para las comunidades allí asentadas y dependen del manejo que estas les den para su permanencia.

- **Riqueza y diversidad de ecosistemas**

La estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico teniendo en cuenta el criterio de riqueza y diversidad de ecosistemas debe incluir áreas claves que contienen diversidad de ecosistemas que pueden o no estar conectadas; cuando se conectan, se entrelazan de tal forma que uno sirve como flujo de energía del otro, albergando una diversidad de especies que necesitan del mantenimiento de estos para su supervivencia. La degradación de uno de estos ecosistemas perjudica de forma inmediata la estabilidad de las especies que se albergan o habitan en el área.

- **Especies objeto de conservación (amenazadas, endémicas, raras, migratorias)**

La estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico, según el criterio objeto de conservación, debe incluir especies amenazadas, endémicas, raras o migratorias buscando la protección de este tipo de organismos, así como la conservación del hábitat donde estos residen, ya que tienen mayor prioridad de conservación que una especie que tenga sus poblaciones en buen estado y sea de amplia distribución.

- **Ecosistemas relictuales, amenazados y singulares**

La estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico según este criterio debe incluir ecosistemas que han sido sometidos a una intensa presión a través del tiempo y que en la actualidad solo quedan remanentes. Lo anterior para garantizar la recuperación paulatina de estas áreas y garantizar que las especies faúnicas que allí residen en muchos casos endémicas permanezcan en el tiempo y el espacio. Los ecosistemas singulares son ecosistemas con particularidades a veces excepcionales a los cuales se les debe garantizar su permanencia, ya que muchos en la actualidad se encuentran seriamente amenazados.

5.2.1.1 Estructura del criterio de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas

La estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico teniendo en cuenta los criterios para la selección de áreas que contengan diversidad y singularidad de especies y ecosistemas está constituida por 36 áreas (Tabla 5-1).

Tabla 5-1: Áreas incluidas en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico según el criterio de diversidad y singularidad de especies

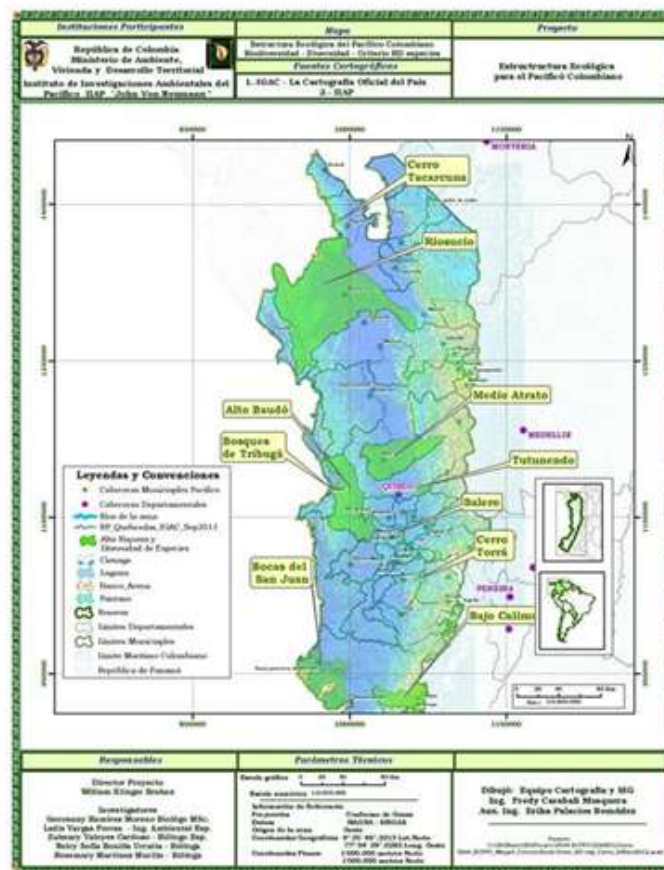
Subcriterio	Subregión ecogeográfica	Área seleccionada
Riqueza y diversidad de especies	Darién Tacarcuna	Cerro de Tacarcuna
	Bajo Atrato	Riosucio
	Central Norte	Medio Atrato
		Tunendo
		Salero
		Cerro del Torrá
	Baudó	Bosques del golfo de Tribugá
		Alto Baudó
	Litoral Pacífico	Delta del río San Juan
		Bajo Calima
Abundancias naturales de especies particulares	Litoral Pacífico	Manglares de la costa Pacífica
	Bajo Patía-Mira	Natales de Nariño
		Guandales de <i>Campnosperma panamensis</i> (sajales) de Nariño
		Naidizales del río Patía
	Bajo Atrato	Arracachales del bajo Atrato
		Catiales de los ríos Atrato y León
Alta Riqueza y Diversidad de Ecosistemas	Bajo Atrato	Bajo Atrato (Riosucio, Carmen del Darién y Belén de Bajirá)
	Litoral del Pacífico	Parte baja del río San Juan
	Patía-Mira	Deltas de los ríos Mira y Patía (Nariño)
Especies objeto de conservación (especies amenazadas, endémicas, raras)	Mulatos	Cerro Murrucú
	Central Norte	Quibdó
	Tacarcuna -Darién	Cerro de Tacarcuna
	Baudó	Alto Baudó
	Barbacoas-Magüí	Barbacoas
	Litoral Pacífico	Micay y Timbiquí
Ecosistemas relictuales, amenazados y singulares	Mulatos	Bosques húmedos tropicales relictuales de Córdoba
		Bosques subxerofíticos del Urabá antioqueño
	Los Saltos	Bosques relictuales de Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>)
	Timbiquí	Bosques secos relictuales de valle del río Cauca
	Central Sur	Bosques secos relictuales del Dagua
	Litoral del Pacífico	Manglares del Pacífico colombiano
	Bajo Atrato	Sistemas cenagosos del Atrato
	Bajo Atrato y Litoral del Pacífico	Ecosistemas de manglar
	Bajo Patía-Mira	Bosques de guandal
	Central Norte	Cerro del Torrá
	Darién-Tacarcuna	Bahías de Triganá y Sapzurro

5.2.1.2 Descripción de la estructura según el criterio de diversidad y singularidad de especies y ecosistemas

De acuerdo a los criterios establecidos en el Chocó biogeográfico hay áreas que contienen alta riqueza y diversidad de especies y por lo tanto deben ser incluidas en la estructura ecológica principal de esta región, las áreas se describen según el criterio.

5.2.1.2.1 Subcriterio riqueza y diversidad de especies

Figura 5-1: Estructura Ecológica Principal según subcriterio riqueza y diversidad de especies



- Subregión ecogeográfica Darién Tacarcuna
 - ◆ Cerro de Tarcuna

El cerro de Tacarcuna debe ser incluido en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico porque sus bosques son reconocidos por su elevadísima biodiversidad, en este cerro aún se conservan extensiones de selvas vírgenes, hacia las partes más altas, se encuentran bosques representados por *Anacardium excelsum*, *Brosimum utile* y bosques de *Pseudolmedia laevigata*, en menor proporción selvas con *Prioria copaifera* y *Carapa guianensis* (Rangel, 2004). Su riqueza está sustentada por la presencia de 58 especies distribuidas en 42 géneros y 28 familias (IIAP & Codechocó, 2010); por otro lado, Cárdenas-López (2003) reporta para un área adyacente la presencia de 127 familias, 428 géneros y 747 especies, lo que aumenta la diversidad del área. Para la ecorregión del Darién Chocó se reporta una alta diversidad en lo que respecta a la fauna, 127 especies de anfibios y 97 especies de reptiles, la familia más diversa, con 35 especies, seguido por la familia Iguanidae con 26 especies;

de igual forma reportan 577 especies de aves, siendo Tyrannidae la familia más diversa, con 28 géneros y 60 especies. Según este criterio, (TNC, The Nature Conservancy. The Nature Conservancy Pressroom, 2004) reporta la presencia de 169 especies de mamíferos, 533 aves, 99 reptiles, 78 anfibios y 50 peces. Por otro lado, (Conservation International, 2008) registró 60 especies de anfibios, 20 de reptiles y 120 especies de aves para la zona.

- Subregión ecogeográfica del bajo Atrato
 - ◆ Cerro de Tarcuna

El punto que corresponde al municipio de Riosucio se incluyó dentro de la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico porque se constituye, en su conjunto, en una de las zonas del mundo con mayor biodiversidad de especies animales y vegetales, la región es de transcendental importancia en la conformación de la biota del país y del continente debido a que su territorio ha sido el puente de intercambio de elementos bióticos entre el norte y el sur del continente a través del istmo de Panamá. Por pertenecer al Darién, se constituye en una de las 17 áreas más críticas para la conservación que quedan en el mundo, según el concepto desarrollado por Myers (1988).

De acuerdo a los datos obtenidos en el EOT del municipio de Riosucio (2001), para el área que corresponde al Darién chocono se han registrado 3.493 de plantas, esta cifra representa aproximadamente el 10% del total nacional; de igual forma se han registrado 433 especies de aves de las 1.815 reportadas para Colombia, lo que corresponde a 24% de la ornitofauna nacional; para el grupo de los anfibios se han identificado 129 especies que corresponden al 21% de las registradas en Colombia; para el grupo de los mamíferos se han registrado 218 especies que corresponden al 48% de las especies del ámbito nacional, sobresaliendo por su diversidad los murciélagos con 116 especies, es decir, con 53% del total registrados para el área. El número de especies de reptiles identificadas en el área es de 170, de las cuales los escamosos (saurios y serpientes) representan el 90% aproximadamente. Al nivel de Colombia, las 13 especies de cultura registradas para el área de estudio representan el 40,5%, los saurios alcanzan el 27,3% y las serpientes el 43,3%. La diversidad íctica del área de estudio es una de las más bajas en el país con 274 especies (9,3% del anual nacional) y coincide con la ocurrencia de un patrón de disminución paulatina de especies a medida que se avanza hacia el norte; de las especies registradas, la mayoría son dulceacuícolas primarias (165) y secundarias (26) que provienen de los ríos Atrato, Baudó y San Juan. Las demás especies (83) corresponden a peces marinos del golfo de Urabá.

- Subregión ecogeográfica Central Norte
 - ◆ Medio Atrato

Esta área debe ser incluida en la estructura ecológica del Chocó Biogeográfico debido a que sustenta una gran riqueza biológica representada por una exuberante selva tropical, diversidad de flora y fauna, así como fuentes hídricas, enmarcadas en una serie de ciénagas, que representan para sus habitantes el sustento diario a través de actividades como la pesca, agricultura, etc. La flora del municipio del medio Atrato está representada por 239 especies en 186 géneros y 67 familias; para el componente de fauna se han registrado 60 especies de aves pertenecientes a 13 órdenes y 25 familias, 377 individuos de herpetos distribuidos de la siguiente forma: 310 individuos de anfibios correspondientes a 18 especies incluidos en 9 familias; 67 individuos de reptiles, correspondientes a 15 especies incluidos en 9 familias para un total de 33 especies (IIAP & MAVDT, 2008).

- ◆ Tutunendo

El Punto corresponde al corregimiento de Tutunendo, perteneciente al municipio de Quibdó, hace parte de la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico porque se encuentra ubicado estratégicamente en el borde de la planicie central del Chocó, donde el inicio de la influencia de la cordillera Occidental y la fuerte incidencia de los factores climáticos (precipi-

tación) sobre la vegetación, modelan la estructura y la composición del bosque (Gentry A. , 1978). El territorio es fuertemente ondulado, presenta disceptaciones en algunos sitios. Tutunendo es reconocido por su alta riqueza florística considerado como el sitio del planeta con la mayor diversidad de árboles por 1 m², situación que se otorga gracias a la estrecha relación que existe entre la alta expresión de la biodiversidad y la precipitación excesiva de la zona; otra particularidad de la zona es la estrecha relación que tiene con la subregión de las tierras altas del Carmen de Atrato, que convierten a este sitio en una transición entre las dos biotas. Gentry (1993) manifiesta que esta área en términos florísticos presenta una gran riqueza y diversidad de especies; en un área de 0,1 ha se han reportado 262 especies de plantas con DAP $\geq$ 2,5 cm, lo que convierte a la Selva Pluvial Central en el área con mayor diversidad florística del Chocó Biogeográfico. Ramírez & Galeano (2011) reportan la presencia de 3.818 individuos de palmas en 1,5 hectáreas pertenecientes a 18 géneros y 29 especies; esto corrobora los altos índices de diversidad del área. Mejía & Pino (2009) reportan la presencia de 1.348 individuos de orquídeas distribuidas en 20 géneros y 49 especies. Rentería y otros (2007) registraron 207 individuos de reptiles distribuidos en 29 géneros y 39 especies. Cuesta y otros (2007) reportan la presencia de 21 mamíferos, 13 reptiles, 10 aves y 4 anfibios de uso alimenticio en la comunidad.

◆ Salero

El Punto corresponde al corregimiento de Salero, perteneciente al municipio Unión Panamericana, debe ser incluido en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico porque tiene áreas boscosas estructural y funcionalmente recuperadas para darles la condición de bosques maduros, los cuales presentan un alto índice de riqueza de flora y de fauna; el área presenta un relieve formado por los valles o planicies aluviales de los ríos, especialmente en la llanura fluvial del San Juan, seguido de colinas y montañas asociadas a la prolongación de vertiente de la cordillera Occidental, posición geográfica que hace que el área actúe como corredor entre la biota de la llanura aluvial de los ríos Atrato y San Juan, y las estribaciones de la cordillera Occidental. Según este criterio Palacios et al (2003) reportan para esta importante área la presencia de 1.347 individuos distribuidos en 50 familias, 139 géneros y 299 especies de plantas. De igual forma, Grajales et al (2003) reportan para la fauna datos de 2.730 individuos de escarabajos correspondientes a 13 géneros y 26 especies plenamente identificadas; para el grupo de los anfibios se registraron 199 individuos distribuidos en 5 familias, 9 géneros y 23 especies. Por su parte, Machado et al (2003) reportan para el grupo de las aves 250 individuos distribuidos en 11 familias 26 géneros y 30 especies; la quiróptero fauna (murciélagos) estuvo representada por 70 individuos distribuidos en 2 familias, 5 subfamilias, 11 géneros y 19 especies (Jiménez et al 2003) y el grupo de los escarabajos estuvo representado por 2.730 individuos en 13 géneros y 23 especies (Neita, Pardo, Quinto & Cuesta, 2003); lo anterior pone de manifiesto la alta riqueza de especies del área.

◆ Cerro del Torrá

El punto que corresponde al cerro del Torrá debe ser incluido dentro de la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico porque tiene la mayor diversidad florística por unidad de área en el mundo, posee ambientes con estructura florística distinta; su condición de bosque nublado hace que sea considerado como uno de los ecosistemas más singulares del mundo (FAO, 2002). Además, el hecho de estar separado de la cordillera Occidental y su ubicación geográfica en el Chocó, convierte el área en un sitio de interés biogeográfico; los registros confirman la existencia de 468 especies de plantas vasculares distribuidas en 221 géneros y 90 familias (Silverstone Sopkin & Ramos Pérez, 1995).

- Subregión ecogeográfica Baudó
 - ◆ Bosques del golfo de Tribugá

El área correspondiente a los Bosques del golfo de Tribugá debe ser incluida en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico porque sustenta altos índices de riqueza y diversidad de especies; el área hace parte de la Serranía del Baudó,

cubierta en su mayor parte de bosque poco disturbado, según el sistema de Holdridge, el área corresponde a un bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) y bosque pluvial Tropical (bp-T). En un estudio florístico realizado en el área, donde se estimó la abundancia, riqueza y diversidad de plantas leñosas en tres localidades de la región, en un área de 1,8 hectáreas. Se estimó la abundancia con 1.527 individuos donde se incluyeron plantas con un DAP ≥ 5 y 10 cm, las cuales se encontraron distribuidas en 52 familias, 136 géneros y 208 especies (Galeano G., 2002). Armbrrecht & Armbrrecht (1997) reportan para esta área 3.803 individuos de hormigas, agrupadas 4 subfamilias, 16 géneros y 25 morfoespecies. Mantilla & Jiménez (2006) ubican esta región como una de las áreas del Chocó-Centro, en donde se concentra el mayor número de quirópteros del Chocó Biogeográfico, 92 especies. Mora y colaboradores (2006) reportan una alta riqueza de Aráceas en el área, la cual se encuentra sustentada por 114 especies nativas en 14 géneros; los géneros más grandes fueron *Anthurium* (38 especies) y *Philodendron* (36), los cuales comprendieron 65% del total de especies.

◆ Alto Baudó

El área correspondiente al alto Baudó debe ser incluida en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico porque es una de las regiones más húmedas del mundo, la mayor parte del área se encuentra cubierta por bosques naturales, que sustentan altos índices de diversidad de flora y fauna. Mosquera y colaboradores (2007) registraron 1.618 individuos de plantas, representados en 257 especies, 156 géneros y 56 familias botánicas, de los cuales 842 individuos, 161 especies, 108 géneros y 46 familias fueron encontrados en Pie de Pató, y 776 individuos, 161 especies, 98 géneros y 45 familias en Nauca. 67 especies de este grupo. Robledo (2009) reportó 2.325 individuos, distribuidos en 166 especies pertenecientes a 38 familias en 5 hectáreas. El INV & UTCH (2005) reportaron 45 especies para el grupo de los anfibios distribuidas en 17 géneros y 7 familias; el grupo de los reptiles está conformado por 28 especies, agrupadas en 20 géneros y 9 familias, las aves están representadas por 180 especies distribuidas en 140 géneros y 45 familias.

• Subregión ecogeográfica litoral Pacífico

◆ Delta del río San Juan

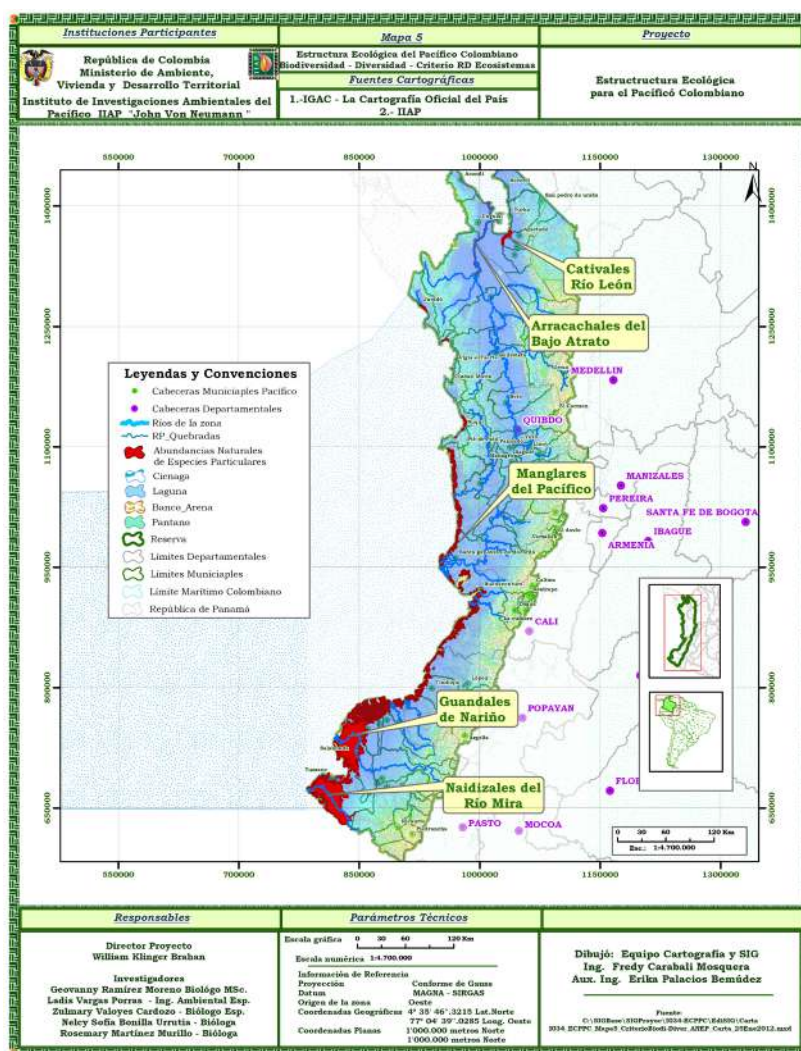
El área correspondiente a los Bosques del delta del río San Juan debe ser incluida dentro de la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico porque a pesar de ser un área con ecosistemas casi homogéneos sustenta altos índices de riqueza y diversidad de especies, estudios florísticos realizados en el área por Cogollo & Jaramillo (2005) registraron 266 especies distribuidas en 126 géneros y 47 familias. BirdLife International (2011) manifiesta que esta área por pertenecer al sistema costero pacífico, posee la mayor concentración de pelicanos (*Pelecanus occidentalis*); además, es un sitio importante para el descanso y la alimentación de otras aves marinas como piqueros, fragatas y cormoranes, se han observado concentraciones significativas de hasta cientos de individuos de chorlos, playeros y gaviotas migratorias.

◆ Bajo Calima

El área correspondiente a los bosques del delta del río bajo Calima cerca de Buenaventura (Valle del Cauca) debe ser incluida en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico porque posee una flora tropical con una alta diversidad de especies. Según este criterio (Faber Langendoen D & Gentry A., 1991) reportan la presencia de 497 individuos de plantas distribuidos en 60 familias y 256 especies y manifiestan que esta área es uno de los sitios con mayores registros de plantas del planeta en 0,1 hectáreas. Una de las familias más representativas del área es Araceae, la cual presenta altos índices de diversidad, concentrada principalmente en las franjas con mayor precipitación en la transición entre las selvas de las tierras bajas y premontanas, hacia los 1.500 m, los registros muestran la presencia de 11 géneros y 133 especies (Croat, 1992).

5.2.1.2.2 Subcriterio abundancias naturales de especies particulares

Figura 5-2. Estructura Ecológica Principal según subcriterio abundancias naturales de especies particulares



- Subregión ecogeográfica litoral Pacífico
- ◆ Manglares de la costa Pacífica

El área que corresponde a la franja de manglares que se extienden por toda la costa Pacífica desde Bahía Solano hasta Santa Barbará (Cauca), debe quedar incluido en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico porque se constituyen en ecosistemas que presentan una fuerte concentración de abundancias naturales de especies particulares, que abarcan unas 279.274 hectáreas (Casas Morroy, 2000), formando asociaciones de especies dominantes como *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemos*, *Mora oleífera*, *Conocarpus erecta*, *Pelliciera rhizophorae*, *A. germinans* y *R. mangle*, son las especies más abundantes y las de mayor uso, seguidas por *L. racemosa*, *C. erecta* y *P. rhizophorae* (IAvH, 2011).

- Subregión ecogeográfica bajo Patía-Mira
 - ◆ Natales de Nariño

Los natales de Nariño y el Cauca deben ser incluidos en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico porque son ecosistemas que contienen una fuerte concentración de una especie en particular *Mora megistosperma*, la cual domina y modela la estructura del bosque donde crece, conforma bosque mixto con elementos típicos del manglar; en el sotobosque de estos ecosistemas aparecen otras especies como *Pelliciera rhizophorae*, *Pterocarpus officinalis* y *Euterpe oleracea* y se caracterizan por formar densas poblaciones (Rangel, 2004).

◆ Guandales de Nariño (*Compnosperma panamensis*)

El área que corresponde a los Guandales de Nariño debe quedar incluido en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico debido a la extensa superficie (75.000 hectáreas) que cubre *Compnosperma panamensis*, en esta región considerado como caso único en el mundo, esta asociación se encuentra distribuida desde la margen derecha del río Tapaje, extendiéndose hacia el suroeste por los ríos Tola, Satiga, Sanquinga, Patía y Patía el Viejo y terminando en el nacimiento del río Caunapí, sobre el municipio de Tumaco (Colorado, 2011). Esta especie crece por lo regular formando masas coetáneas muy homogéneas, constituyendo en la mayoría de los casos más del 80% de la abundancia relativa por hectárea de estas asociaciones (Del Valle & Galeano, 1995), en estudios realizado se han contabilizado unos 5.000 árboles por hectárea de árboles de 10 cm y 1.500 árboles por hectárea de 20 cm (Del Valle J. I., 1996). Los bosques de *C. panamensis* generalmente se encuentran asociados a *Virola dixonii*, *Brosimum utile* y *B. alicastrum*, en la costa Pacífica colombiana se distribuyen en el Valle del Cauca, parte baja del río San Juan y Nariño (Rangel, 2004).

◆ Naidizales del río Patía

Los naidizales más extensos de Colombia se encuentran en el Pacífico sur, específicamente en el departamento de Nariño. Razón por la cual esta importante área debe ser incluida en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico. *Euterpe oleoracea* forma extensas áreas de bosque natural relativamente homogéneas. El naidizal se encuentra localizado detrás de los natales, más alejado de la influencia directa de las mareas, puesto que aunque soporta eventuales influencias de aguas salobres, se desarrolla mejor en suelos inundables con aguas dulces. No se sabe cuántas hectáreas comprendían los naidizales ni el grado exacto de su deforestación. En la actualidad es casi imposible estimar las existencias de naidí con las técnicas que han sido utilizadas para ello. Las imágenes de radar o fotografías aéreas no permiten desagregar fácilmente estos tipos de bosques de otros como el guandal. Aunque no se precisa el daño que han sufrido los naidizales de Nariño, de acuerdo con este criterio Cortés y Restrepo (2011) (Cortés H & Restrepo E., 2011) manifiestan que se estimaba que para finales de la década del setenta el área de naidizal de la región era de 440.000 hectáreas.

- Subregión ecogeográfica bajo Atrato
 - ◆ Arracachales del bajo Atrato

Los arracachales del bajo Atrato deben ser incluidos en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico debido a las extensas áreas de bosque natural que forman las poblaciones de esta especie en la planicie de la parte baja del río Atrato y en las orillas de sus tributarios, se constituye en el hábitat de especies residentes u ocasionales, estas asociaciones se encuentran desde el Parque Nacional Natural los Katíos hasta el golfo de Urabá, incluyendo las ciénagas de la ecorregión; se hallan ampliamente distribuidos los matorrales denominados arracachales, estas forman y se ubican detrás de los manglares, hacia tierra adentro; esta asociación se desarrolla en ambientes que permanecen inundados por aguas dulces y salobres durante nueve meses al año, este ecosistema se encuentra dominado por *Montrichardia arborescens*. Desde el punto de vista ecológi-

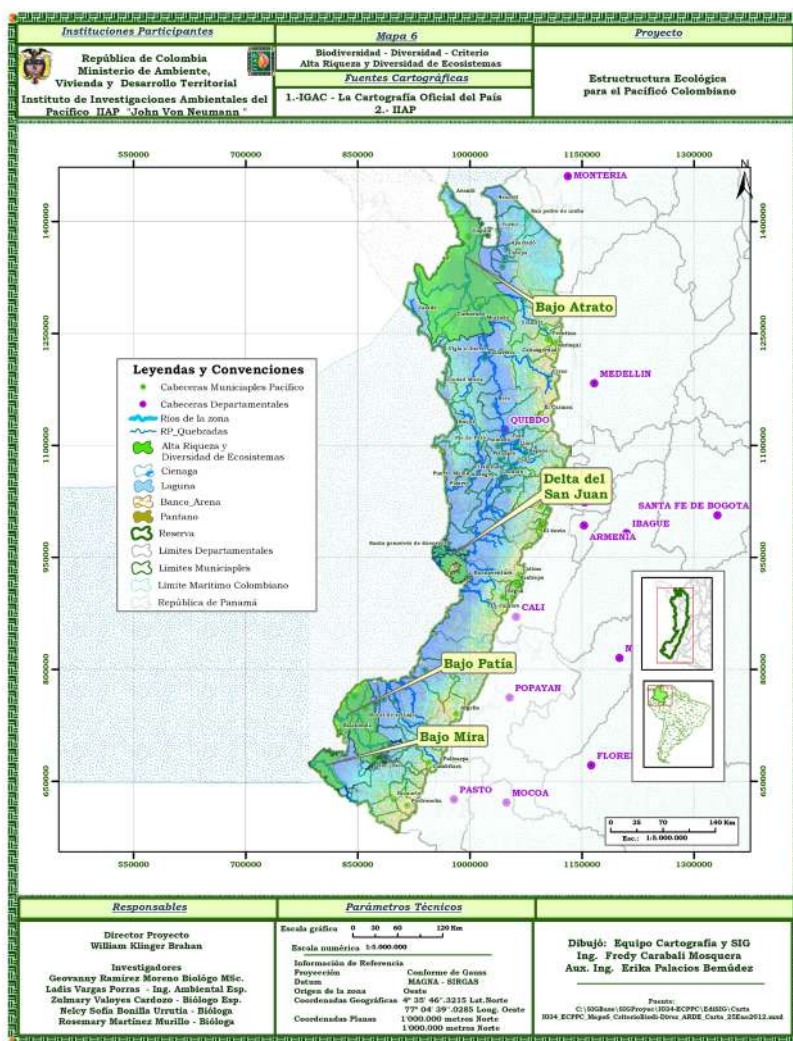
co los arracachales desempeñan un papel fundamental como hábitat y fuente de alimento para las especies que allí residen, debido a que forma densas poblaciones.

♦ Cativales de los ríos Atrato y León

Los cativales del bajo Atrato deben ser incluidos en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico debido a las extensas áreas de bosque natural que forma la especie *Prioria copaifera*, la cual se desarrolla en las llanuras periódicamente inundables de los ríos Atrato y León, departamentos Chocó y Antioquia. Los cativales sobresalen por conformar comunidades de varias especies de árboles entre las que el cativo (*P. copaifera*) es dominante (Giraldo & Del Valle, 2011). Esta asociación ha sido parcialmente aprovechada de manera selectiva mediante sistemas industriales y que en la actualidad han recuperado parte de su estructura, aunque han variado su composición específica y su biomasa, el caracol (*Anacardium excelsum*) ocupa ahora las posiciones sociológicas de dominancia y emergencia.

5.2.1.2.3 Subcriterio de alta riqueza y diversidad de ecosistemas

Figura 5-3: Estructura Ecológica Principal según subcriterio de alta riqueza y diversidad de ecosistemas



- Subregión ecogeográfica bajo Atrato
 - ◆ Bajo Atrato (Riosucio, Carmen del Darién y Belén de Bajirá)

Debido a la diversidad de ecosistemas presentes en esta área, el bajo Atrato debe ser incluido en la estructura ecológica del Chocó biogeográfico. Esta importante área se localiza en el extremo noroccidental de Colombia y hace parte de la región biogeográfica del Chocó, reconocida como una de las regiones con mayor diversidad del planeta; por su ubicación estratégica presenta una variedad de ecosistemas marinos y continentales, comprende la zona de Urabá, el Parque Nacional de los Katíos, la cuenca baja del río Atrato y las cuencas altas de los ríos Salaquí y Juradó (Rangel, 2004). Esta área se encuentra representada por los siguientes ecosistemas:

- ~ **Manglares** con especies como *Avicennia germanis* y *Risophora* ssp, *Risophora mangle*, *Pelliciera rhizophorae* y *Mora oleifera*, *Laguncularia racemosa*, *Risophora* sp y *Avicennia germanis*, *Pelliciera rhizophorae*; en estos ecosistemas se forman asociaciones como los rodales conformados por *Risophora* y formando extensas áreas (Rangel, 2004).
- ~ **Llanura aluvial**: Está conformada por las vegas bajas de los ríos Atrato y León, cuya característica especial consiste en presentar inundaciones permanentes o periódicas, que determinan áreas de subpaisajes o unidades de vegetación de acuerdo con el grado, frecuencia y duración de las inundaciones. Estas, a su vez, pueden subdividirse en categorías más específicas con base en su composición florísticas y grado de intervención: herbazal-matorral de *Montrichardia arborescens*, palmares de *Mauritiella macroclada*, bosques de *Prioria copaifera*, bosques de *Symphonia globulifera*, bosque de *Carapa guianensis* y *Humiriastrum procerum* (guandal), bosque de *Cedrela odorata* y *Carapa guianensis* (guandal mixto), bosques con *Prioria copaifera*, *Erythrina fusca* y *Triplaris* cf. *Americana*, palmar de *Euterpe oleracea*, bosque de *Inga alba*, *Inga nobilis* e *Inga punctata*, bosque de *Campnosperma panamense* (sajales), bosque con *Otoba gracilipes* (cuangaral), cada una de estas categorías o unidades paisajísticas se convierten en ecosistemas de suma importancia para la biota residente y las comunidades allí asentadas (Rangel, 2004).
- ~ **Terrazas altas**: La última etapa sucesional del catival se presenta en el piedemonte de las colinas. Están sustentadas por terrenos más firmes, con rasgos similares a los de la anterior unidad, pero donde el cativo empieza a afrontar una competencia más fuerte con especies de otras asociaciones, pues el anegamiento del terreno, factor que lo favorece, es ostensiblemente menor. Esto causa una regeneración natural más pobre, que se manifiesta en las especies que predominantemente emergen del dosel, entre ellas el caracolí (*Anacardium excelsum*); el sande (*Brosimum utile*) y el guasco (*Eschweilera* sp.). Estos terrenos, situados en condiciones de mejor drenaje y con una buena aptitud agrícola, han sido también foco de atracción para los colonizadores, por lo cual se encuentran altamente transformados.
- ~ **Bosques de terrazas planas ligeramente disectadas**: En estos bosques de zonas más altas, el cativo (*Prioria copaifera*) desaparece completamente y otras especies como el sande (*Brosimum utile*) pasan a dominar ampliamente, junto con otras especies como el caracolí (*Anacardium excelsum*), varias especies del género *Iryanthera* y el güipo (*Cavanillesia platanifolia*), entre otras. Ocupan zonas relativamente planas o ligeramente inclinadas, que están en ocasiones seccionadas por cañadas, casi siempre profundas y encajonadas. Las especies arbóreas más representativas de este bosque son en orden de importancia: el sande (*Brosimum utile*); la ceiba bonga (*Ceiba pentandra*); el aguacatillo (*Persea* sp.); nuánamo (*Virola* sp.); el guasco (*Eschweilera garagarae*); el guamo (*Inga* sp.); el caracolí (*Anacardium excelsum*); el ají (*Vatairea* sp.); el albarco (*Cariniana pyriformis*); el choibá (*Oleiocarpum panamense*); el costillo (*Aspidosperma* sp.); el caimito (*Pouteria caimito*); el algarrobo (*Hymenea* sp.) y el carbonero (*Licania* sp.).
- ~ **Bosque de terrazas disectadas**: Se caracteriza por su topografía sinuosa con presencia de numerosas y pequeñas elevaciones de poca pendiente, que están dispuestas dendríticamente. Es distintiva la presencia de algunas especies como

el abarco (*Cariniana pyriformis*) y el güipo (*Cavanillesia platanifolia*), que presentan un alto desarrollo y gracias a la considerable altura que alcanzan cuando emergen sobre el dosel. En orden jerárquico, de acuerdo con el índice de valor de importancia, las especies más representativas son el sande (*Brosimum utile*); el caracolí (*Anacardium excelsum*); la ceiba (*Ceiba pentandra*); el sebo (*Virola sebifera*); el abarco (*Cariniana pyriformis*); el peine mono (*Apeiba aspera*); el gualanday (*Jacaranda* sp.); el dinde (*Maclura tinctoria*); el carbonero (*Licania* sp.); el níspero (*Manilkara bidentata*); los guamos (*Inga* sp.); el caimito (*Pouteria caimito*); el choibá (*Oleiocarpum panamense*) y el cauchillo (*Castilla* sp.).

- ~ **Región de colinas:** Corresponde a una formación de bosque heterogéneo compuesto principalmente por el sande (*Brosimum utile*), que es la especie más abundante y por el abarco (*Cariniana pyriformis*), especie de alto valor comercial. Esta asociación es denominada comúnmente sande–abarco. Es un bosque cuya diversidad es mayor que la del catival y de acuerdo con su pendiente y altura sobre el nivel del mar, se divide en tres tipos bien diferenciados.
- ~ **Bosque heterogéneo de colinas bajas:** En las colinas bajas se pueden encontrar bosques altos o bajos que conforman asociaciones que no han sido suficientemente estudiadas y que involucran especies como abarco (*Cariniana pyriformis*); sande (*Brosimum utile*); guasco (*Eschweilera* sp.); caracolí (*Anacardium excelsum*); nuánamo (*Iryanthera ulei*); carrá (*Huberodendrum patinoi*); güipo (*Cavanillesia platanifolia*) y el guásimo (*Apeiba aspera*).
- ~ **Bosque de colinas altas:** En las colinas altas, los bosques están constituidos por árboles de porte mediano, siendo abundantes los *Pouteria* sp., los caimitos (*Chrysophyllum* sp.) y varias especies de palmas. Además, como consecuencia de frecuentes derrumbamientos, presentan abundantes claros en diferentes estados de sucesión. Las pronunciadas pendientes y las copiosas lluvias instauran suelos superficiales muy inestables y con escasa capacidad de soporte, lo cual explica el tamaño mediano de los árboles y la frecuente presencia de claros. Existen además bosques heterogéneos de colinas con pendientes mayores al 100% que presentan una composición similar; sin embargo, el tamaño de los árboles se reduce y la ocurrencia de claros es mayor, conforman así una cobertura poco densa de vegetación baja achaparrada, poco uniforme y con alta presencia de palmas.
- **Subregión ecogeográfica litoral del Pacífico**
 - ◆ **Parte baja del río San Juan**

Debido a la diversidad de ecosistemas presentes en esta área, el bajo San Juan, debe ser incluido en la estructura ecológica del Chocó Biogeográfico; esta zona se localiza en la costa Pacífica colombiana, en el límite entre los departamentos de Valle y Chocó y hace parte de la región biogeográfica del Chocó, por su ubicación presenta una variedad de ecosistemas marinos y continentales (Rangel, 2004). La vegetación característica presente en esta subregión según Ramírez & Urrego (1999), Vegetación de playa, *Gynerium sagittatum* asociada a *Cecropia* ssp y *Ficus* ssp, entre otros. En la parte intermedia de la espiga, la vegetación está representada por *Spondias mombin*, *Iseria pittieri*, *Cecropia* sp., *Ficus* spp., *Virola sebifera*, *Hibiscus tiliaceus*, y *Gynerium sagittatum*, *Manicaria saccifera* y *Cocos nucifera*. En general, la vegetación de playa trasera del delta del río San Juan pertenece a la zona de pantanos de agua dulce con substratos estables. Vegetación de transición: Zonas posteriores a la unidad de playa trasera y anterior al manglar. Asociación característica de naidí (*Euterpe cuatrecasana*) y nato (*Mora megistosperma*). Vegetación de cordones litorales: se encuentran palmas como: *E. cuatrecasana*, *Socratea exorrhiza*, *Manicaria saccifera*, entre otras, asociadas con machares (*Symphonia globulifera*) y natos (*M. megistosperma*). Ramírez & Urrego (1999) reportan los siguientes ecosistemas:

- ~ **Planicies fluvio-deltaicas:** Ubicadas por fuera de la influencia mareal directa, pero inundables eventual o periódicamente por efectos del represamiento mareal. Morfológicamente estas zonas corresponden a superficies con gradientes topográficos bajos, cortados por canales fluviales principales y cubiertas por vegetación espesa de bosque tropical.

- ~ **Llanuras intermareales:** Sujetas a inundaciones y constituidas principalmente por sedimentos finos (lodos y arcillas) con contenidos altos de materiales orgánicos. Morfológicamente estas zonas presentan superficies cóncavas con inclinaciones menores, densamente cubiertas, en condiciones de no intervención, por vegetación del ecosistema manglarino.
- ~ **Depósitos arenosos litorales:** Corresponden a terrenos inundables solo esporádicamente, ubicados a lo largo de las líneas de la costa actuales o en el interior de las llanuras intermareales. La cobertura vegetal está compuesta por especies tolerantes a salinidades bajas.
- ~ **Manglares:** Aparecen en los planos intermareales protegidos de los canales estuarinos y esteros interiores asociados. Componen esta unidad para la zona, mangle rojo (*Rhizophora mangle* y *R. harrissoni*, e individuos híbridos de las dos), mangle comedero (*Avicennia germinans*), mangle fénix (*Laguncularia racemosa*), mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), y nato (*M. megistosperma*).
- ~ **Ecosistema del guandal de *Campnosperma panamensis* (sajales):** Fisionomía: Los bosques prácticamente son rodales dominados por *C. panamensis*, a la cual se le asocian *Virola dixonii*, *Brosimum utile* y *B. alicastrum* (Rangel, 2004).
- **Subregión ecogeográfica bajo Patía-Mira**
 - ◆ **Deltas de los ríos Mira y Patía (Nariño)**

En el departamento de Nariño los principales ríos son el Patía y el Mira, que conforman los dos grandes deltas de la región. El Mira nace en la zona montañosa volcánica del noroeste y desemboca a la altura de la población de Milagros. El río Patía nace entre las Cordilleras Central y Oriental, se forma por la confluencia de los ríos Timbío y Quilcacé. Se desplaza en la llanura costera formando grandes meandros. Estos dos importantes ríos presentan una variedad de ecosistemas, razón por la cual deben ser incluidos en la estructura ecológica del Chocó Biogeográfico de acuerdo con los estudios realizados por (Invemar, CRC & Corponariño, 2006) en el área se localizan los siguientes ecosistemas:

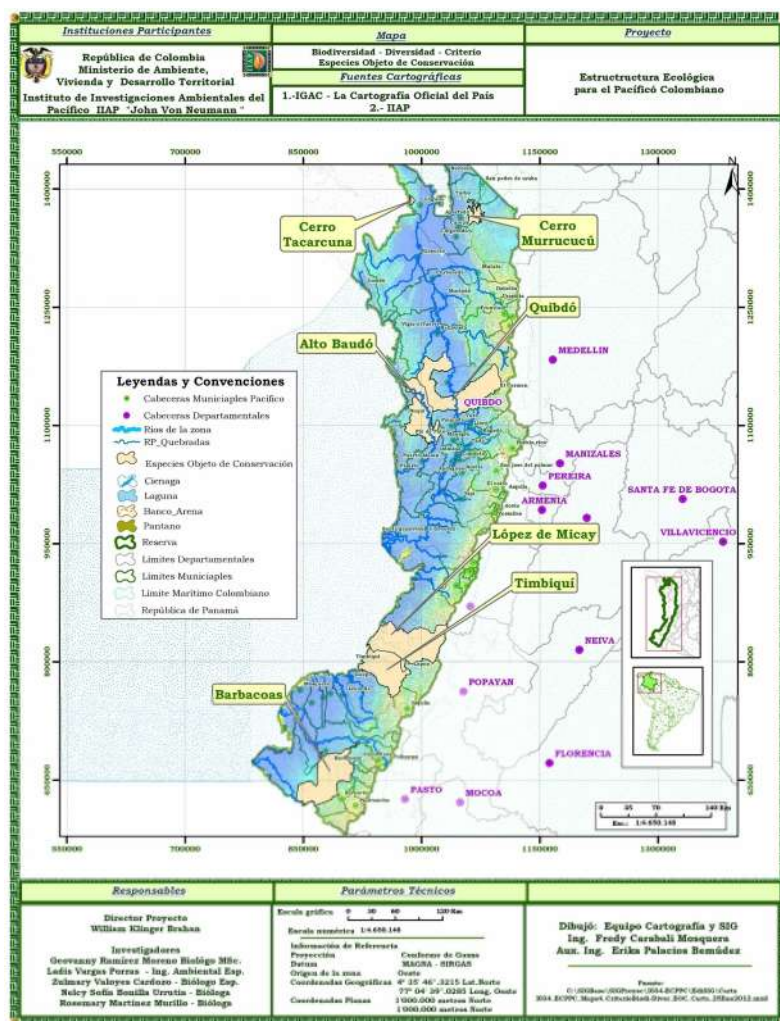
- ~ **Montañas y colinas:** Constituyen esta unidad geomorfológica las estribaciones occidentales de las colinas costeras, y los remanentes rocosos de la erosión litoral. Tienen una topografía suave, cimas redondeadas, pendientes cortas y convexas y una red de drenaje con un patrón dendrítico. Para el departamento del Cauca en el río Micay, entre Noanamito y la boca Naya, en Timbiquí y Guapi. En el departamento de Nariño se encuentran en los sectores de la desembocadura del río Chagüi y el poblado de Salahondita, sectores E y N de la ensenada de Tumaco, Punta Laura-Llanaje. Las alturas máximas se acercan a los 80 m en la isla el Morro y 100 m en las colinas del sector de la isla Gallo-Salahonda, en el Bajito Vaquería, la isla del Morro. También en la parte de atrás del caserío de El Chontal, se levantan colinas altas pertenecientes a esta misma franja de colinas terciarias.
- ~ **Valles aluviales:** Se localizan paralelos a las vegas de estos ríos y están conformadas por depósitos aluviales finos que descansan sobre capas de cantos redondeados y gravilla. La red hidrográfica en el departamento del Cauca está conformada principalmente por los ríos Guapi, Guajuí, Timbiquí, Bubuey, Saija, Micay y Naya. Son ríos con cauces relativamente cortos pero muy caudalosos debido a la alta pluviosidad. En el departamento de Nariño los principales ríos son el Patía y el Mira, que conforman los dos grandes deltas de la región.
- ~ **Terrazas bajas:** Ocurren a lo largo de los principales ríos de la zona, angostas terrazas aluviales del Pleistoceno con superficies ligeramente onduladas a planas, que ocupan una posición elevada con respecto al nivel actual de los ríos,

por lo menos 5 m. Se destacan Noanamito, Timbiquí y Guapi. En el departamento de Nariño no se observan muchas poblaciones en la zona costera que se localicen sobre terrazas, a excepción de Congal, en donde el agua se entra al pueblo solo por un drenaje que está más bajo.

- ~ **Abanicos aluviales:** Su ubicación es en el piedemonte de las montañas y colinas y se originan como resultado de los procesos de remoción en masa o de erosión de las laderas y su posterior acumulación al pie de las mismas, donde hay un cambio brusco en la pendiente. Se han cartografiado abanicos aluviales importantes en Nariño, asociados al curso medio del río Mira.
- ~ **Pantanos de manglar:** Corresponden a los terrenos localizados entre pleamar y bajamar, están constituidos por lodos con un alto contenido de materia orgánica de origen vegetal en su mayoría, aptos para el desarrollo de manglares y otras especies halófitas. Localmente, dentro de esta geoforma se encuentran superficies que sobresalen topográficamente por encima del nivel de más alta marea 1 a 3 m, denominadas promontorios arenosos aislados o "firmes". En el departamento del Cauca los pantanos de manglar se extienden en forma casi continua desde la boca del Naya hasta Guapi. Conforman franjas de anchura variable entre 2 y 5 km, cortadas por una intrincada red de esteros que hacen parte de la misma unidad. En el departamento de Nariño los pantanos de manglar se localizan a lo largo de la línea de costa de la bahía de Tumaco o detrás de las islas barreras.
- ~ **Pantanos de transición:** Limitan hacia el mar con los pantanos de manglar y su delimitación es imprecisa porque está dada por los cambios graduales en los niveles de inundación, en la salinidad como consecuencia del poco alcance que tiene la marea en estos sectores, y por consiguiente en la vegetación que se sucede de forma paulatina. Son terrenos más secos con contenidos similares de arenas y lodos a los pantanos de manglar y también con un alto contenido de materia orgánica, por lo que también son utilizados para algunos cultivos. Paulatinamente pasan a tierra firme o a colinas y montañas. Conforman franjas de anchura variable detrás de los pantanos de manglar.
- ~ **Firmes:** Corresponden a superficies que sobresalen topográficamente por encima del nivel de más alta marea 1 a 3 m; son promontorios arenosos con una geometría irregular y extensión variable de pocas decenas a centenas de metros. Son terrenos bien drenados, con facilidades de agua dulce, y aptos para la vivienda y la agricultura. Son el resultado de procesos de acreción litoral, con conformación de cordones litorales y a lo largo de los ríos y esteros de los diques naturales.
- ~ **Islas barreras:** Las islas barrera son barras arenosas elongadas en la dirección de la línea de costa y cuya altura está por encima de la línea de más alta marea, en donde se conforman bocanas de diverso tamaño. En el departamento del Cauca, el estuario de Micay, donde desemboca el río Naya y el Micay formando las bocanas de Santa Rita, Monserrate y El Coco. En el departamento de Nariño, las playas están constituidas por arenas finas a medias, con abundantes ferromagnesianos que incluso llegan a formar bancos de hasta un metro de espesor en la zona de berma.
- ~ **Bajos y llanuras intermareales:** Las llanuras intermareales corresponden a los depósitos de arenas muy finas y lodos que se extienden sobre la plataforma levemente inclinados al mar, en forma irregular, con canales de drenaje (caletas), elevaciones y depresiones elongadas y ondulitas (ripples) y son expuestos durante la marea baja y que por lo tanto fueron descritos también como playas. Su importancia geomorfológica radica en su gran extensión y en que hacen la función de disipadores de la energía del oleaje en especial en condiciones de tormenta.

5.2.1.2.4 Subcriterio de especies objeto de conservación (especies amenazadas, endémicas, raras)

Figura 5-4. Estructura Ecológica Principal según subcriterio de especies objeto de conservación (especies amenazadas, endémicas, raras)



De acuerdo a los criterios establecidos, las áreas que contienen especies objetos de conservación (Figura 5-4) y por lo tanto deben quedar en la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico, son:

- Subregión ecogeográfica Mulatos
 - ◆ Cerro Murrucú

El cerro de Murrucú es el hábitat de una serie de organismos de flora y de fauna algunas endémicas de la región y otras que se encuentran bajo alguna categoría de amenaza según los listados de la UICN, por las particularidades de esta área y la presión a las que han sido sometidas las especies que habitan esta área debe ser incluida dentro de la estructura principal del Chocó biogeográfico. Este ecosistema está localizado en Tierralta Córdoba y contiene los últimos bastiones de bosques naturales del departamento, soporta una serie de especies endémicas de flora y de fauna, algunas de estas bajo alguna categoría de amenaza según la UICN. Entre las especies endémicas podemos mencionar a: *Corytophanes cristatus*, *Hernandia didymantha*

(VU) *Dendrobates truncatus*, *Saguinus oedipus* y *Crax Alberti* (Proaves, 2008; CVS & CONIF, 2008). Según los reportes suministrados por la (CVS, 2006), las especies amenazadas presentes en el área y su categoría de amenaza equivalen a: *Cariniana pyriformis* (CR), *Chigua restrepoi* (CR), *Cavanillesia platanifolia* (VU), *Lecythis tuiyana* (VU), *Licania silvae* (VU), *Magnolia sambuensis* (VU), *Wettinia hirsuta* (VU), *Cyathea andina* (VU), *Cedrela odorata* (VU), *Guarea cartaguenya* (VU), *Huberodendron patinoi*, (EN), *Guatteria tonduzzi* (VU) *Gustavia superba* (VU) *Pentaclethra macroloba* (VU), *Simarouba amara* (VU), *Dialium guianensis* (VU), *Jacaranda copaia* (VU); especies como *Astronium graveolens*, *Peltogyne purpurea*, *Caryocar amygdaliferum*, *Copaifera camibar* y *Brosimum utile*, han soportado una gran presión por sus maderas lo que las tiene al borde de la extinción a nivel local y están seriamente amenazadas, *Hymenaea courbaril*, *Astronium graveolens*, *Podocarpus oleifolius*, *Manilkara bidentata*. (CVS, 2006).

- Subregión ecogeográfica Central Norte
 - ◆ Quibdó

El punto corresponde a Quibdó, presenta características particulares en términos climáticos como altas precipitaciones, altas temperaturas, terrenos planos y quebrados, esta área se encuentra al lado del piedemonte cordillerano, lo que hace que la flora y la fauna que aquí reside sea similar a la de otros lugares de tierras bajas, al mismo tiempo se pueden encontrar particularidades, los factores mencionados anteriormente favorecen la presencia de una serie de especies endémicas del Chocó biogeográfico o con algún grado de amenaza lo que hace necesario la inclusión del área en la estructura ecológica principal de la región; la fauna endémica se encuentra representada por *Hyalinobatrachium aureoguttatum*, *Hyla rubracyla*, *Phyllobates aurotaenia*, *Colostethus pratti* y la flora por *Aiphanes acaulis* (CR), *Aiphanes macroloba*, *Wettinia oxycarpa*, *Wettinia quinaria*, *Guzmania breviscapa*, *Pitcairnia barrigae*, *Compsoeura cuatrecasasii*. *Sloanea cabitensis*, *Sloanea calva*, *Sloanea chocoensis*, *Sloanea esmeraldana*, *Sloanea garcia-cossioi*, *Sloanea loquitoi*, *Sloanea pacuritana*, *Sloanea pseudogranulosa*, *Dipteryx oleífera*, *Eschweilera neei*, *Gustavia petiolata*, *Cedrela odorata* (EN), *Iryanthera megistophylla*, *Virola dixonii*, *Peperomia densifolia*, *Piper certeguiense*, *Piper corei*, *Piper pedunculatum*, *Piper perpusillum*, *Piper sp.nov. (tutunendo)*, *Piper tenuilimum*, *Zamia pyrophylla*, *Mauritiella macroclada*, *Wettinia quinaria*, *Huberodendron patinoi* (CR), *Matisia bullata*, *Matisia racemifera*, *Phragmothea lemniscata*, *Guzmania breviscapa*, *Licania calvescens*, *Licania chocoensis*.

- Subregión ecogeográfica Tacarcuna – Darién
 - ◆ Cerro de Tacarcuna

El cerro de Tacarcuna alberga una fuerte concentración de endemismos y de especies con algún grado de amenaza, la presión que han sufrido los bosques que circundan, convirtiendo a Tacarcuna en un refugio de Fauna y flora, razones por las que esta área debe hacer parte de la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico. La ubicación estratégica convierte a esta área del Darién en el paso obligado de la biota que viene de Norte y Centro América hacia Sur América, el cerro de Tacarcuna se eleva a 2.000 msnm. En este centro se encuentran varias especies endémicas de plantas (se estima que hay alrededor de 30 especies), así como aves y mamíferos. Aves *Xenornis setifrons* Chapman (género endémico), *Odontophorus dialeucos* Wetmore conocida en tres localidades: Cerro Tacarcuna, Malí y Barrigonal. *Oxyruncus cristatus tacarcunae* Bangs & Barbour, *Glyphorynchus spirurus spallidulus* Peters, *Chlorospingus tacarcunae* Griscon, *Syndactyla subalaris tacarcunae* (Hernández, 1992).

- Subregión ecogeográfica Baudó
 - ◆ Alto Baudó

El área correspondiente al alto Baudó debe ser incluida en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico porque presenta características físicas y biológicas que le proporcionan al área condiciones que la convierten en una de las regiones más húmedas del mundo, presenta bosques naturales que en las últimas décadas han estado sometidos a una fuerte

presión antrópica como la extracción de madera, expansión de la frontera agrícola entre otras, las cuales han causado que un considerable número de especies de flora hoy se encuentren listadas en los libros rojos de Colombia con diferentes categorías de amenaza. Robledo (2009) revela la presencia de 26 especies con algún grado de amenaza: *Anacardium excelsum* (NT), *Tapirira myrianthus* (EN), *Annona muricata* (EN), *Aspidosperma cf. Oblongum* (EN), *Aspidosperma cruentum* (EN), *Bombacopsis quinatum* (EN), *Huberodendron patinoi* (VU), *Ceiba pentandra* (EN), *Dcryodes acutipyrena* (VU), *Hymenaea oblongifolia* (NT), *Calophyllum longifolium* (VU), *Anibas perutilis* (CR), *Ocotea cernua* (VU), *Aniba sp* (VU), *Ocotea cooperi* (EN), *Eschwilera sclerophylla* (NT), *Dugandiodendron mahechae* (EN), *Dugandiodendron magnifolia* (EN), *Cedrela odolata* (EN), *Sweitenia macrophylla* (CR), *Carapa guianensis* (EN), *Pentaclethra macroloba* (VU), *Brosimum utile* (VU), *Minquartia guianensis* (CR), *Andira inermis* (VU), *Vitex columbiensis* (VU).

- Subregión ecogeográfica Barbacoas-Magui
 - ◆ Barbacoas

El alto grado de endemismos, la presencia de especies raras y amenazadas hacen de la reserva el Pangan un área que se debe incluir dentro de la estructura ecológica principal del Chocó biogeográfico. El Pangan está ubicada en el piedemonte de la vertiente Pacífica de la cordillera Occidental de los Andes en el municipio de Barbacoas (Nariño), en las estribaciones de la llanura occidental del Nudo de los Pastos, abarca un área de 352.365 hectáreas de bosque primario húmedo tropical y súper húmedo premontano ubicadas entre los 550 y 1.900 m, en las laderas orientales del valle del río Ñambí. Su extensión incluye bosques primarios a lo largo del gradiente altitudinal de 620-1.700 m, incluyendo un tramo (10 hectáreas) de bosque secundario de 15 años de edad a 650 m (Palacios & Constantino, 2006).

El Pangan cuenta con altos niveles de endemismo y una alta riqueza de especies. Hasta la fecha se han registrado 48 especies de aves endémicas y 21 especies de aves amenazadas, lo que constituye la mayor concentración de aves endémicas del mundo. También posee una alta diversidad de herpetos, plantas e invertebrados; se encuentra en la reserva importantes poblaciones de especies amenazadas como *Dendrobates histrionicus* y *Tremarctos ornatus*. En esta área se encontraron 94 especies de Lepidópteros representadas por 7 familias (*Nymphalidae*, *Hesperiidae*, *Pieridae*, *Lycanidae*, *Riodinidae*, *Papilionidae*, *Castnidae*), agrupadas en 18 subfamilias y 67 géneros, dentro de los cuales se encuentran 28 especies catalogadas como endémicas del Chocó biogeográfico (Costa Pacífica colombiana), 19 conocidas como especies raras o muy raras y 67 especies comunes para la ciencia (Palacios & Constantino, 2006).

- Subregión ecogeográfica litoral Pacífico
 - ◆ Micay y Timbiquí

La región costera de Micay y Timbiquí deben ser incluidas dentro de la estructura ecológica principal del Chocó porque están conformados por una variedad de ecosistemas de importancia ecológica y social, esta variedad de ecosistema los faculta para albergar una diversidad de especies que por las presiones antrópicas algunas de estas se encuentran listadas en los libros rojos de Colombia bajo algún grado de amenaza. De acuerdo a los reportes suministrados por (Invemar, CRC & Corponariño, Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial del Sur: Caracterización, Diagnóstico Integrado y Zonificación Ambiental, 2006) esta región alberga 36 especies bajo algún grado de amenaza de todos los grupos fáunicos representativos del Pacífico colombiano incluyendo a especies migratorias como las tortugas que visitan las playas de esta región del país en época reproductiva. A continuación se presenta el listado de las especies: *Leucopterus plumbea* (NT), *Crax alberti* (CR), *Penelope perspicax* (EN), *Camephilus guayaquilensis* (NT), *Vernilornis chochoensis* (NT), *Litopenaeus occidentalis* (VU), *Litopenaeus vannamei* (VU), *Aguti paca* o *Cuniculus* (LR), *Bradypus variegatus* (LR), *Alouatta palliata* (VU), *Cebus capucinus* (LR), *Mazama americana* (LR), *Dasyprocta punctata* (LR), *Choloepus hoffmani* (LR), *Lutra longicaudis* (VU), *Myrmecophaga tridactyla* (VU), *Pecari tajacu* (LR), *Tayassu pecari* (VU), *Anadara grandis* (VU), *Anadara tuberculosa* (VU), *Jenneria pustulata* (VU), *Carcharinus limbatus* (VU),

- Subregión ecogeográfica Mulatos
 - ◆ Bosques húmedos tropicales relictuales de Córdoba

Los bosques relictuales de Córdoba en la actualidad se encuentran fuertemente amenazados, estos fueron remplazados por áreas que hoy son dedicadas a la ganadería, a la agricultura o a la construcción de infraestructura, quedando solo algunos relictos o bastiones de bosque natural sosteniendo a gran parte de la biota que reside en la región a una fuerte presión, estas razones hacen pertinente la inclusión de estas áreas dentro de la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico. Los remanentes de bosque natural de Tierralta (Córdoba) están ubicados principalmente en la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Paramillo, específicamente en el cerro Murrucú, bordeando las márgenes del río Sinú en los alrededores de la represa Urrá. El estar localizado en un rango altitudinal que va de 200 a 1.200 msnm, hace que estos relictos de bosque se constituyan en una amplia variabilidad de hábitats y biotopos que favorecen la presencia de una rica diversidad animal, que incluye muchas especies endémica y amenazada (CVS & CONIF, 2008).

- Bosques subxerofíticos del Urabá antioqueño

El área representa los últimos bastiones de bosque seco del noroccidente cordobés y antioqueño, estos bosques a través del tiempo han sufrido una gran presión a causa de diferentes acciones antrópicas como la agricultura y ganadería expansiva quedando muy reducido y en estado crítico razón por la que esta área debe ser incluida en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico. Esta área aún conserva remanentes de bosques naturales, los cuales representan el 0,6% con un área total de 1.823,1 hectáreas. Este enclave subxerofítico se encuentra localizado en la región occidental de la Serranía de Abibe, al noroccidente del departamento de Antioquia (Necolí, San Juan de Urabá, San Pedro de Urabá), estos son una prolongación de los bosques secos de Córdoba y hacen parte del bloque Chocó y del Terreno Sinú - San Jacinto.

- Subregión ecogeográfica Los Saltos
 - ◆ Bosques relictuales de Caoba (*Swietenia macrophylla*)

Los bosques relictuales de Caoba deben ser incluidos en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico porque debido a la intensa explotación maderera durante el último siglo, se redujeron notablemente las poblaciones naturales de *Swietenia macrophylla* King en más del 80%. Según este criterio, (Cárdenas J., Maya M. & M. López, 2002) manifiestan que el estado poblacional de esta especie es tan caótico que la definición de lo que fue su distribución original es materia de divagación en los últimos tiempos; en el municipio de Juradó se encuentran relictos de bosque natural de esta importante especie, por lo que se hace necesario incluir esta área en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico. Las poblaciones naturales de caoba se localizan, a los 355 msnm y 400 msnm, respectivamente en la parte alta del municipio, los relictos de caoba se concentran en los bosques primarios, de difícil acceso. El estado de las poblaciones es tan lamentable y el uso tan indiscriminado, que esta especie se encuentra en la categoría de Peligro Crítico y fue incluida en el 2002 en el apéndice II de la CITES. A nivel nacional, según este criterio, (López Camacho R. & Cárdenas López D., 2002) manifiestan que la Carder, Corpourabá y CDMB han emitido vedas que eviten el aprovechamiento de la caoba, acciones que contribuirán al mantenimiento de la especie.

- Subregión ecogeográfica Timbiquí
 - ◆ Bosques secos relictuales del valle del río Cauca

El enclave xerofítico del río Dagua debe ser incluido en la estructura ecológica del Chocó Biogeográfico debido a que en la actualidad solo ocupan el 1% de su área original, inicialmente ocupaba unas 5.800 hectáreas en jurisdicción de los muni-

cipios de Restrepo, la Cumbre y Dagua, en el Valle del Cauca. En la actualidad su cobertura está reducida a no más de 2.400 hectáreas fuertemente fragmentadas e intervenidas; a pesar de la fuerte presión a que han sido sometidos estos ecosistemas aún cuentan con por lo menos seis especies y subespecies endémicas, fuertemente amenazadas (cactáceas, herpetos y aves), por los sistemas productivos intensivos, lo que lo hace de este ecosistema uno de los más amenazados (Gómez, 2008). Desde la década de los 50 el valle del río Cauca ha sido sometido a procesos de degradación debido a la expansión de la frontera agrícola, principalmente por el fortalecimiento de la agroindustria de la caña de azúcar. Los suelos que lo conforman son llamativos para el sector agropecuario debido a la fertilidad de sus suelos, la disponibilidad de corrientes de agua y la cercanía de grandes centros urbanos. Estas razones son las causantes de que actualmente el bosque seco tropical haya desaparecido casi en su totalidad en esta región. Estos ecosistemas están ubicados a lo largo del valle geográfico del río Cauca y los cañones de Dagua, Amaime, Tulúa, Bugalagrande y Garrapatas; se encuentran destruidos casi en su totalidad y solo quedan algunos fragmentos pequeños en donde está representada la vegetación nativa. A pesar de la importancia ecológica que sustenta este ecosistema los datos suministrados por la CVC (1994 - 1996 en IAVH 1997) ponen de manifiesto que entre 1957 y 1986, en el valle geográfico del río Cauca hubo una reducción del 66% de los bosques, y hoy por hoy solo existe el 3% de la cobertura de la vegetación original, que corresponde sobre todo a Bosque Seco Tropical.

- Subregión ecogeográfica Central Sur
 - ◆ Bosques secos relictuales del Dagua

El enclave seco del río Dagua hace parte del Chocó Biogeográfico y debe ser incluido en la estructura ecológica de la región, debido a que actividades como la ganadería que se ha practicado durante muchos años es una de las actividades más nocivas para este importante enclave; los desmontes, quemas y pastoreo han reducido notablemente estos ecosistemas. Estos han quedado restringidos a cañadas profundas, desfiladeros y unos cuantos fragmentos. La zona ha sufrido una presión muy fuerte por sus características climáticas, edáficas y la propensión que tienen para ser abiertos por fuego. Hay fuerte actividad agrícola en la zona que tiende a extenderse cada vez más debido a la alta demanda de los productos cultivados (BirdLife International, 2011).

Este enclave se encuentra ubicado al occidente, sobre la vertiente oriental de la cordillera Occidental, comprende alrededor de 7.500 hectáreas, con un microclima muy seco que contrasta con la humedad de su zona de influencia, compuesta por bosques húmedos tropicales (BirdLife International, 2011). El enclave se encuentra ubicado entre los corregimientos de Loboquerrero y Atuncela, presenta terrenos ondulados a relativamente planos con cañones y zanjones en la margen que mira al río Dagua. Son suelos compactados y secos con afloramientos rocosos en algunos sectores, la capa orgánica no existe en la mayor parte del lugar. Las laderas del enclave son muy pendientes, formando un cañón cerrado, las montañas que dan hacia el oriente son muy secas, con pastizales y pequeños remanentes de bosque seco; las partes altas se encuentran plantadas de pinos.

El grupo de plantas más importante en este tipo de cobertura son las cactáceas, se han registrado nueve especies de cactus, dos son endémicos: *Melocactus loboquerreroi* y *Opuntia bella*, *Peperomia daguana* también es endémica del lugar. Además de las cactáceas, crecen en el sector varias especies de leguminosas arborescentes espinosas, entre las cuales se destacan *Acacia pennatula*, *Acacia farnesiana* y *Pithecellobium dulce*, *Zanthoxylon aff. gentryi* y la *Zanthoxylon fagara*. Estas plantas forman densas marañas en algunos sectores, o se concentran en pequeñas colonias donde crecen asociadas a cactus, fique y otras especies de arbustos y hierbas. Otra especie importante en la zona, por su endemismo, es *Anthurium buenaventurae*; algunos estudios fáunicos revelan la presencia de 16 especies de herpetofauna y 27 especies de mamíferos, de las cuales 18 son murciélagos y 106 especies de aves, de las cuales se destacan el Chococito Escarlata (*Chrysothlypis salmóni*), la Pava del Baudó (*Penelope ortonii*), el Carpinterito Punteado (*Picumnus granadensis*), el Atrapamoscas Apical (*Myiarchus apicalis*), el Batará Barrado (*Thamnophilus multistriatus*) y la Tangara Rastrojera (*Tangara vitriolina*).

- Subregión ecogeográfica Litoral del Pacífico
 - ◆ Manglares del Pacífico colombiano

Los manglares del Pacífico colombiano se constituyen en uno de los ecosistemas más amenazados del Pacífico colombiano del Chocó Biogeográfico. El IIAP en un análisis de la situación del manglar del Pacífico chocoano, reporta la pérdida de 23.434,5 hectáreas de este importante ecosistema, esto corresponde a una pérdida del 36% en un periodo de tan solo 9 años (1997 a 2005), lo que equivale a la desaparición 2.603,8 ha/año. De las 41.315,9 hectáreas de manglares reportadas para la región, 17.408,8 hectáreas presentan un alto grado de intervención, 16.505,1 hectáreas tienen grado medio de intervención y 3.460,6 hectáreas presentan un bajo grado de intervención, situación que ubica a los ecosistemas de manglar bajo el criterio de ecosistemas amenazados y por lo tanto deben ser incluidos en la estructura ecológica del Chocó Biogeográfico (IIAP, 2010).

- Subregión ecogeográfica bajo Atrato
 - ◆ Sistemas cenagosos del Atrato

Según Castellanos (2007) considera que los sistemas cenagosos son los ecosistemas más productivos del mundo, en estos se desarrolla una amplia diversidad de flora, fauna y microorganismos que interactúan en complejas relaciones para mantener un equilibrio ecológico de alta fragilidad estas condiciones convierten a los sistemas cenagosos del Atrato en ecosistemas singulares que deben ser incluidos en la estructura principal del Chocó Biogeográfico. Estos en términos generales están conformados por un esqueleto vegetal complejo y una vegetación acuática diversa, que se relacionan de manera directa e indirecta con los demás elementos del entorno, jugando un papel fundamental a nivel biológico como productores y permitiendo el establecimiento de una gran variedad de vida clave para el mantenimiento y subsistencia de peces, aves y demás grupos que sobreviven aquí. La especialización de estos sistemas hacen que se convierta en el único hábitat de un sinnúmero de organismos que habitan allí de forma permanente y el hábitat predilecto de otros que viajan grandes distancias solo para completar un ciclo de su vida (migratorios). A pesar de la dependencia trófica de los organismos, los sistemas completos están regidos por la dinámica hídrica, que los convierte en épocas de inundación y escasez de recursos en un refugio para la biota de los sitios aledaños, dándole un aspecto físico y biológico diferente cada que se presenta un cambio en esta dinámica.

- Subregión ecogeográfica bajo Atrato y litoral del Pacífico
 - ◆ Ecosistemas de manglar

Los manglares son ecosistemas singulares, de alto valor ecológico, social y cultural. En ellos se crían, alojan y reproducen cientos de especies animales y vegetales, son una fuente de recursos insustituible para numerosas comunidades campesinas que dependen de ellos por lo tanto deben ser incluidos en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico, en la costa Caribe en lo que corresponde al Chocó Biogeográfico los ecosistemas de manglar se localizan principalmente en la desembocadura del río Atrato en el golfo de Urabá (Villalba M, 2008). En la costa Pacífica se encuentran altamente representados, estas áreas se diferencian de costa a costa por concentración de precipitaciones, en la costa Atlántica con precipitaciones menores a las de la costa Pacífica, áreas semidesérticas y mareas que no superan los 60 centímetros hacen que las especies de mangle que allí prosperan no superen los veinte metros, las especies que predominan en este ecosistema son *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle* con una superficie de 41,6 hectáreas (Sánchez Paéz y otros, 2000) y en la costa pacífica alcanzan alturas hasta de 60 m.

- Subregión ecogeográfica Bajo Patía-Mira
 - ◆ Bosques de guandal

Los guandales de Nariño deben ser incluidos dentro de la estructura ecológica del Chocó Biogeográfico porque estos bosques se constituyen en uno de los ecosistemas tropicales más importantes de la región, por la complejidad ecológica que alberga, como consecuencia de un prolongado proceso de evolución; un área cuya especie predominante es el sajo (*Camp-nosperma pananiensis*). Esta especie crece por lo regular formando masas coetáneas muy homogéneas, constituyendo en la mayoría de los casos más del 80% de la abundancia relativa por hectárea de estas asociaciones (Del Valle & Galeano, 1995). El aprovechamiento forestal se constituye en una de las principales amenazas a estos ecosistemas.

- Subregión ecogeográfica Central Norte
 - ◆ Cerro del Torrá

El punto que corresponde al cerro del Torrá debe ser incluido dentro de la estructura ecológica del Chocó Biogeográfico porque es un área que posee ambientes con estructura florística distinta; su condición de bosque nublado hace que sea considerado como uno de los ecosistemas más singulares del mundo (FAO, 2002), este cerro ha sido catalogado como un páramo sin *Espeletia*, la familia monotipia Alzateaceae ha sido colectada en Colombia únicamente en este ecosistema, el 25,2% de las plantas vasculares encontradas en este cerro son endémicas de Colombia y el 46,9% está restringida a Centro y Sur América. La flora del cerro del Torrá es de especial interés ya que las colecciones incluyen un porcentaje considerable de especies nuevas. A pesar de que la flora presente en este ecosistema es similar a la encontrada en la región Andina, solamente 24,2% de las plantas vasculares del Torrá han sido encontradas en el cercano cerro del Inglés. Sin embargo, hay una afinidad fitogeográfica abrumadora con los andes colombianos. La zona del Torrá conserva, en su mayoría, la cobertura boscosa y es importante porque conforma un cordón montañoso aislado del cuerpo central de la cordillera y, a su vez, en su margen occidental empata con la zona plana del Pacífico, dándole un carácter de corredor biológico con la zona Andina. En esta zona también se han encontrado especies nuevas de angiospermas, entre las que se destaca la Orquídea de la Paz *Epidendrum pazii* (Silverstone Sopkin & Ramos Pérez, 1995).

- Subregión ecogeográfica Darién-Tacarcuna
 - ◆ Bahías de Triganá y Sapzurro

Las praderas marinas de *Thalassia testudinum* (pasto de tortugas) presente en las bahías de Triganá y Sapzurro deben ser incluidas en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico, porque son consideradas como uno de los cinco ecosistemas marino-costeros más estratégicos del país, hacen parte del único grupo de angiospermas marinas que han evolucionado de tierra firme al mar. Según este criterio (Invemar, 2000) manifiesta que estos ecosistemas soportan una diversa comunidad de fauna, en donde muchas especies de invertebrados y vertebrados de importancia comercial y ecológica encuentran alimento sitios de crianza y protección; por otro lado, este ecosistema sirve de alimento a la tortuga verde (*Chelonia mydas*) especie migratoria que pone sus huevos en las playas de esta importante área de la región.

La suma de todos estos factores permiten considerar las praderas marinas de *Thalassia testudinum* dentro de la estructura ecológica principal de la región, debido a que son uno de los hábitats más afectados, por considerarse frágiles y sensibles, así como por su proximidad a la costa, espacio donde se desarrollan actividades humanas como turismo, construcción de puertos, construcción de obras de infraestructura, etc.

5.2.2 Criterio de funcionalidad de los ecosistemas-integridad ecológica

La transformación del paisaje y los cambios en la cobertura vegetal en el tiempo, cobran gran importancia pues, en poco más de una década, la fragmentación (el rompimiento de amplias extensiones de hábitat o áreas de tierra en pequeñas parcelas) se ha convertido en un problema ambiental de proporciones mundiales (Forman, 1995). La fragmentación es provocada por disturbios que resultan en la reducción y aislamiento de áreas de hábitat natural a nivel de paisaje (Noss, 1987; Schelha & Greenberg, 1996).

Los procesos como la deforestación, junto a la minería y a la mala gestión de los recursos naturales han propiciado y agravado la fragmentación de los ecosistemas de la Reserva Forestal del Pacífico (RFP), lo que afecta su funcionalidad y la provisión de bienes y servicios ambientales para las poblaciones asentadas en esta área (IIAP, 2010).

El proceso de fragmentación puede resultar en una pérdida del hábitat, una reducción de su tamaño y un creciente aislamiento del mismo; en consecuencia, la conectividad se reduce drásticamente para muchas especies y la viabilidad de sus poblaciones queda comprometida, ya que aumenta la pérdida de especies a escala local y regional y los cambios en los ensamblajes de fauna y en los procesos ecológicos; ejemplo: relaciones predador-presa, competencia, dispersión de propágulos (Bennett, 1998). También se dificulta la migración y dispersión hacia hábitats más apropiados, como respuesta al cambio climático (Kappelle, Van Vuuren & Bass, 1999).

Mantener y restaurar la conectividad ecológica como atributo clave en la funcionalidad de los ecosistemas debe, por lo tanto, ser una meta de los esfuerzos de planificación de sistemas de áreas protegidas y de estrategias nacionales de conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los bienes y servicios asociados.

El criterio de funcionalidad de los ecosistemas-integridad ecológica tiene tres subcriterios que se definen a continuación:

- **Conectividad estructural entre ecosistemas**

La estructura ecológica principal permite la conectividad estructural entre ecosistemas, por lo que se ha establecido este criterio que es uno de los más fundamentales para garantizar la funcionalidad de los ecosistemas y el éxito reproductivo de las especies. Sin embargo, es precisamente acerca de la conectividad entre estos donde existen los principales vacíos de información para Colombia. Este criterio representa un esfuerzo por darle relevancia a aquellos ecosistemas de los cuales se sabe que son utilizados por algunas especies para completar su ciclo de vida y con ello mantiene la biodiversidad del país. La necesidad de construir mecanismos que permitan recuperar la conectividad entre áreas protegidas y contribuyan a reducir la fragmentación que han sufrido los ecosistemas de la región. Se trata de construir corredores que ayuden a dichos fines y que cumplan con una serie de características.

- **Identificación de áreas a ser restauradas**

Según el criterio de identificación de áreas a ser restauradas, se han destacado zonas dentro del Chocó Biogeográfico que han sido degradadas por diversos procesos antrópicos como la minería, la ganadería, la extracción forestal, etc., y que son áreas muy importantes para la conservación de la biodiversidad y la cultura. Por lo que se considera deben hacer parte de la Estructura Ecológica Principal. El incremento y frecuencia de las actividades antrópicas trae consigo efectos como la degradación y pérdida de hábitat. Esta pérdida de hábitat, también conocida como “cambio de uso del suelo”, acaba muchas especies asociadas al hábitat en particular. Su principal razón de ser es la expansión de la población humana y con ello de la frontera agrícola, forestal, ganadera y urbana. Es importante notar que algunos ecosistemas pueden ser utilizados, con base en

su llamada vocación natural, para la producción forestal o ganadera sin necesidad de sustituir la vegetación nativa, mediante prácticas de manejo adecuadas, que en todo caso representan una degradación del hábitat, pero nunca con la afectación de la sustitución total del ecosistema (IIAP, 2010).

- **Áreas conservadas por las comunidades**

La Estructura Ecológica Principal identifica áreas ancestrales de preservación, las cuales son protegidas de forma voluntaria y contribuyen de manera directa a mantener la conectividad de los ecosistemas. Con lo que se busca darle prioridad a dichas zonas como una manera de garantizarles a las comunidades la protección de sus territorios, destacando áreas especiales y de alto valor natural y cultural para estas, por lo que se considera que las áreas conservadas por las comunidades que en este documento se plantean, hagan parte de la EEP.

5.2.2.1 Estructura del criterio de funcionalidad de los ecosistemas-integridad ecológica

En la Tabla 5-2 se muestran las zonas incluidas en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico de acuerdo al subcriterio de áreas degradadas que requieren restauración:

Tabla 5-2. Áreas degradadas a ser restauradas en el Chocó Biogeográfico

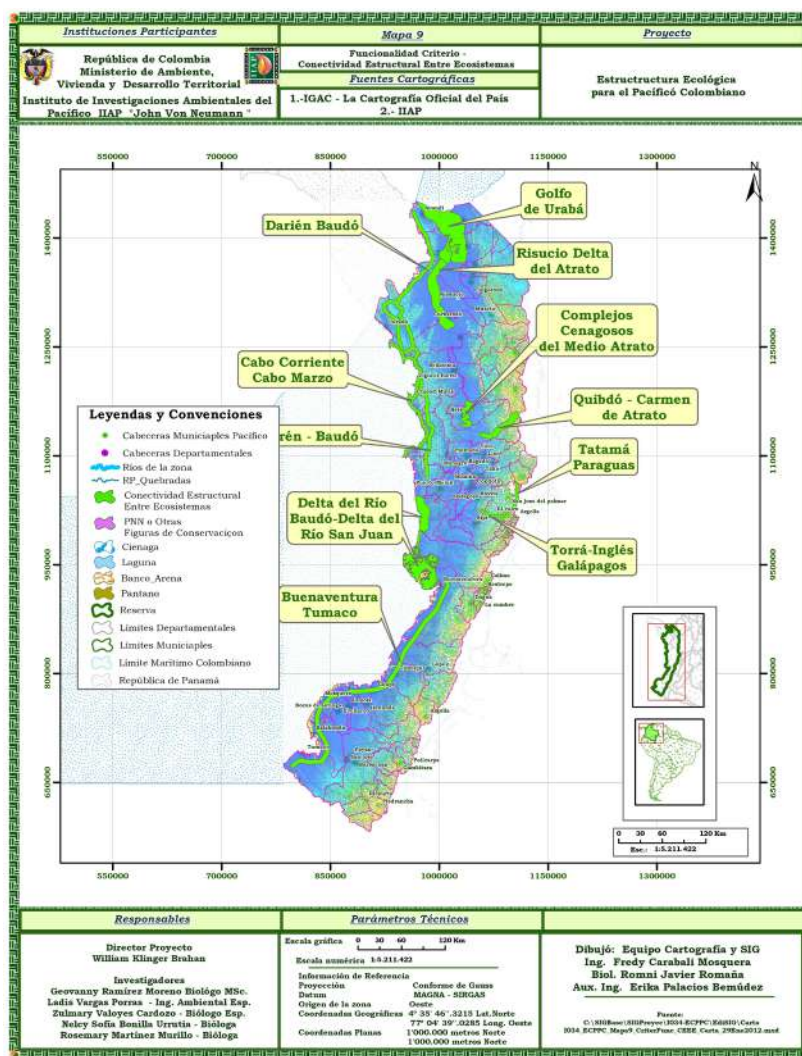
Subregión ecogeográfica	Factor	Área seleccionada
Central Norte	Minería	Chocó: Condoto: cabecera municipal, corregimientos de Opogodó, La Muriña, La Hilaria, la Florida, El Aguacate, La Unión, Acosó y Santa Ana.
		Chocó: Tadó: Playa de Oro y Manungará (El Desértico) y Angostura.
		Chocó: Cantón de San Pablo: Ríos Jorodó, Ánimas, Taridó y Managrucito.
		Chocó: Istmina: cuencas de los ríos Suruco, Peradó y Profundo.
		Chocó: Sipí: ríos San Agustín y Taparal.
		Chocó: Medio San Juan: San Miguel.
		Chocó: Quibdó: Pacurita, río Cabí.
		Chocó: río Quito: Paimadó.
		Chocó: Yuto.
		Chocó: Lloró, Villa Nueva, San Jorge, Tapera.
		Chocó: Bagadó.
	Ganadería	Cantón de San Pablo: Managré, La Victoria, Puerto Pervel y Taridó.
Darién-Tacarcuna	Ganadería	Chocó: Acandí: Tapón del Darién.
Central Sur	Minería	Valle del Cauca: Buenaventura: río Dagua en Saragoza.
		Valle del Cauca: Buenaventura: Bahía de Buenaventura.
		Valle del Cauca: López: río Chuare en el corregimiento Chuare.
Barbacoas- Maguí	Minería	Cauca: Guapí: ríos Guapí y Guají.
		Nariño: Cumbitara: veredas Cristo Rey, La Esperanza, Cristo Rey y La Esperanza, El Desierto, San Pablo, Yanazara y Buenavista.
		Nariño: El Tambo, Piedrancha

	Ganadería	Nariño: Cumbitara: veredas Pisanda, Buenavista, el Caucho, Guadalito, San Antonio, el Desierto, Damasco, Yanazara y Sidón, parte sur de Bella Vista, La Herradura, Santa Elena, Buenos Aires, Palo Grande, y La Perdiz.
Mulatos	Ganadería	Córdoba: todo el municipio Tierra Alta.
		Córdoba: Valencia: valle del río Sinú.
Bajo Atrato	Ganadería	Chocó: Riosucio: Tapón del Darién.
		Chocó: Carmen del Darién: Jiguamiandó y Curbaradó.
Bajo Patía Mira	Cultivos de palma africana	Chocó: carmen del Darién: Jiguamiandó y Curbaradó.
		Nariño: municipio de Tumaco (sin localización).

5.2.2.2 Descripción de la estructura según el criterio de funcionalidad de los ecosistemas-integridad ecológica

5.2.2.2.1 Subcriterio conectividad estructural entre ecosistemas

Figura 5-6. Estructura Ecológica Principal según subcriterio conectividad estructural entre ecosistemas



Para el establecimiento de la conectividad ecosistémica, se han establecido corredores de conservación (Figura 5-6) mediante la selección de criterios biológicos como son la presencia de especies endémicas y amenazadas, la presencia de rutas migratorias y la conservación de áreas vírgenes.

- Corredor biológico Darién–Baudó

El corredor Darién-Baudó representa un centro de endemismos de fauna y flora exclusivas del Chocó Biogeográfico y casi exclusivas de Colombia; además presenta gran diversidad de especies amenazadas y migratorias. Este último factor muestra al presente corredor como un importante puente de conexión entre Centro y Sur América, pues muchas especies de aves que migran desde Norte y Centro América, hacia el Sur, siguen esta ruta, estableciendo así un corredor natural para llevar a cabo sus procesos vitales. El corredor se encuentra aislado de la cordillera Occidental por un valle que recorre el río Atrato hacia el norte y los ríos Baudó y San Juan hacia el sur. En sus selvas pantanosas se encuentra el lugar más lluvioso de la Tierra, conecta las figuras (Parque Nacional Natural Ensenada de Utría y el Parque Nacional Natural los Katíos). Además, de conectar estas dos figuras de conservación nacional, conecta ecosistemas montañosos de la región Pacífica que va de norte a sur del departamento del Chocó, comenzando en Acandí, pasa por los municipios de Unguía, Juradó, Riosucio, Bahía Solano, Bojayá, reaparece en Nuquí y finaliza en bajo Baudó.

Este corredor presenta al mismo tiempo grandes e importantes serranías como la del Darién que conecta a Panamá y Colombia, y la serranía del Baudó que cubre gran parte de la costa Pacífica chocoana. Además, existen puntos clave para la conservación como Alto del Buey y Cerro Tacarcuna; siendo este último considerado como una importante zona de amortiguamiento para las especies de flora y fauna.

- Corredor biológico Tatamá-Paraguas

El corredor Tatamá-Paraguas es una importante figura de conectividad para la conservación de especies endémicas y amenazadas, distribuidas a lo largo del área de influencia de Tatamá y la Serranía de los Paraguas donde se ubican importantes elevaciones con características similares. El Jordán, las reservas naturales Cerro El Inglés y Cascadas de San Antonio y Galápagos compartidas por los departamentos del Valle del Cauca y Chocó se han convertido en el punto de referencia para los grupos de investigación y observadores de aves, en los cuales *la Bangsia aureocincta* se ha convertido en la especie emblemática en el AICA (Franco, Arango J. & García, s.f). En estos límites se identificaron cuatro especies de especial interés, entre ellas un mamífero categorizado como especie endémica y en peligro de extinción y además el más raro en Suramérica (*Mustela felipei*), un reptil (*Ameiva anomala*) y dos anfibios (*Hyalinobatrachium aureoguttatum*, *Craugastor fitzingeri*) endémicos del Chocó Biogeográfico.

- Corredor biológico Torrá-Inglés-Galápagos

El presente corredor fue seleccionado por presentar un amplio gradiente altitudinal muy similar y especies de interés especial endémicas o amenazadas (inmerso en el anterior corredor). Es un nodo compuesto por cerros que se extienden desde el municipio de Nóvita (Cerro Torrá), hasta la Serranía de los Paraguas, donde se ubican los Cerros Inglés y Galápagos. Este corredor se ubica en la jurisdicción del Parque Nacional Natural Tatamá. El EOT de San José del Palmar muestra estos ecosistemas como áreas con altos niveles de endemismos y de especies en peligro de extinción. Además, propone un corredor biológico para unir los Farallones de Citará-Caramanta-Tatamá-Los Paraguas, que abarcaría el sector sur de este corredor y comprendería ecosistemas montañosos sujetos a elevados niveles de precipitación que determinan condiciones muy particulares para las especies de flora y fauna que allí se encuentran, en el cual se protegerían muchas especies amenazadas de extinción como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el venado soche (*Pudu mephistopheles*), el león americano (*Puma concolor*) y la comadreja colombiana (*Mustela filipei*). Adicionalmente, ayudaría a mantener servicios ambientales a las regiones circundantes, especial-

mente agua, regulación del clima y la humedad que garantiza las condiciones ambientales para la producción cafetera del norte del departamento del Valle del Cauca y numerosos acueductos municipales; región que aún mantiene grandes extensiones de bosques en excelente estado de conservación, lo que acentúa el importante papel que juega dentro del mantenimiento del corredor biológico, del cual hace parte. La zona del Torrá conserva, en su mayoría, la cobertura boscosa y es importante porque conforma un cordón montañoso aislado del cuerpo central de la cordillera y, a su vez, en su margen occidental empata con la zona plana del Pacífico, dándole un carácter de corredor biológico con la zona Andina. La reserva natural Cerro El Inglés es actualmente reconocida como un modelo de conservación privada y como uno de los lugares con mayor biodiversidad y variedad de especies endémicas en la intersección entre la región Andes y el Chocó. Se encuentra allí la palma de cera (*Ceroxylon* sp), especie endémica símbolo de Colombia, hoy en día escasa (Alcaldía Municipal de San José del Palmar & IIAP, 2001). El Cerro Galápagos es el hábitat del oso de anteojos y al igual que el Cerro El Inglés, parecen ser las dos únicas áreas en donde aún existe este valioso ejemplar que antes se encontraba fácilmente en toda la serranía. Igualmente, es hábitat de otras importantes especies animales y vegetales, lo que hace del Alto de Galápagos un área de indudable valor en biodiversidad, requiriendo mayor atención si se tiene en cuenta que está atravesado por una carretera principal que lo hace muy vulnerable.

Las características físico ambientales propias de estos ecosistemas determinan en este corredor la presencia de gran variedad de paisajes y de microclimas, por lo que constituyen un área muy diversificada en cuanto a la gama de microhábitats y de oferta alimenticia que responden a los requerimientos ecológicos de muchas especies de fauna presentes en la ecorregión Chocó Biogeográfico. Según Hernández (1992), la mayor diversidad de especies en Colombia se encuentra entre los 600 y 1.200 msnm, y a medida que se asciende la diversidad disminuye.

- Corredor Quibdó-Carmen de Atrato

Este corredor fue seleccionado por su significativo endemismo, pues a lo largo de esta área se encuentran especies de fauna endémica como *Hyalinobatrachium aureoguttatum*, *Hyla rubracyla*, *Phyllobates aurotaenia*, *Colostethus pratti* y de flora como *Aiphanes acaulis*, *Aiphanes macroloba*, *Wettinia oxycarpa*, *Wettinia quinaria*, *Guzmania breviscapa*, *Pitcairnia barrigae*, *Compsonera cuatrecasasii*. Se encuentra ubicado hacia el oriente central del departamento del Chocó, cerca de Antioquia; abarca los municipios de Quibdó y Carmen de Atrato. Este pertenece a la subregión del Atrato, conformada además por los municipios de Bojayá, Lloró, Acandí, Bagadó, Unguía y Riosucio.

El presente corredor conecta sitios estratégicos como el corregimiento Tutunendo y los Farallones del Citará. El primero pertenece a la subregión fitogeográfica de la Selva Pluvial Central, por su ubicación en el borde de la planicie central del Chocó, donde el inicio de la influencia de la cordillera Occidental y la fuerte incidencia de los factores climáticos (precipitación) sobre la vegetación, modelan la estructura y la composición del bosque (Gentry A., 1978). Es una zona que alberga una alta riqueza biológica, ha sido declarado el sitio de mayor biodiversidad en Colombia. Además, de presentar muchas especies endémicas (anfibios y reptiles), lo que podría destacar esta zona como un posible centro de endemismos. Por tal razón, este corregimiento ha constituido el área de estudio de muchas investigaciones relacionadas con la biodiversidad. Por su parte la Reserva Natural Farallones del Citará, conserva una alta diversidad de plantas, vertebrados e invertebrados, así como una gran heterogeneidad del hábitat y al parecer estabilidad micro climática que contribuye a sustentar la gran riqueza de especies, pero a su vez de gran fragilidad lo que impide que la zona pueda soportar una excesiva extracción de productos vegetales y animales o minerales (Sánchez & Mesa, 2000).

- Corredor biológico Riosucio-Delta del Atrato

Para la selección del corredor Riosucio-Delta del Atrato se tuvo en cuenta los criterios de protección de rutas migratorias, especies amenazadas y especies endémicas. Este corredor es de vital importancia para el mantenimiento de la diversidad bio-

lógica de la parte baja del río Atrato que desemboca en el golfo de Urabá; representa la principal fuente hídrica de la región, el cual además anega constantemente la zona y al mezclarse con el agua salada del golfo, genera las condiciones adecuadas para el desarrollo de un ecosistema de manglar con un gran valor ecológico, social y económico (Corpourabá, 2002).

La planicie inundable del río Atrato está dominada por pantanos con vegetación herbácea, en donde sobresale el complejo de ciénagas de Tumaradó que albergan una vegetación flotante. En lugares de vegas o diques de inundación se forman rodales abiertos de palmeras (panganales). El área actúa como un amortiguador natural para el exceso de flujo de agua del río Atrato en las épocas invernales. En partes menos inundables, que en verano alcanzan a estar libres de agua, se mantiene un bosque natural con especies tolerantes a la inundación conocida como “catival”.

El corredor biológico Riosucio-Delta del Atrato, se encuentra enmarcado dentro del Darién colombiano, se ubica en la región del Caribe chocoano, se extiende desde la desembocadura de Riosucio en el Atrato (municipio de Riosucio), hasta la desembocadura del río Atrato en el Caribe (Unguía).

Este corredor juega un papel muy importante, en él se desarrollan procesos vitales para el mantenimiento de la diversidad del área, de las especies registradas para la zona, se encuentran especies que son en su gran mayoría aves migratorias, algunas vienen desde Norteamérica bien sea a reproducirse o utilizan el corredor como ruta de paso para migrar hasta otros países de Suramérica; algunas de estas especies como los peces migran localmente, se desplazan desde los humedales hasta la parte alta de los ríos ejemplo el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), este corredor es utilizado por el manatí (*Trichechus manatus*) para desplazarse de las costas hacia el río Atrato en donde se alimenta, 10 especies son endémicas del Chocó Biogeográfico. La flora de la de Riosucio está representada por 1.063 especies, de las cuales hay un porcentaje de especies bajo alguna categoría de amenaza y 20 especies endémicas del Chocó Biogeográfico.

- Corredor biológico complejos cenagosos del medio Atrato

Los criterios seleccionados para la delimitación de este corredor corresponden a protección de rutas migratorias y especies amenazadas.

Los humedales del medio Atrato hacen parte del segundo sistema de ciénagas más grande del país (Mojica, Castellanos, Usma & Álvarez, 2002) juegan un papel fundamental para la conservación de la biota que reside en estos ecosistemas; son áreas críticas para la alimentación de grandes poblaciones de aves residentes, así como eslabones ineludibles, en una vasta red latitudinal de sitios de parada e invernada para poblaciones de aves migratorias, además de lo anterior contienen una serie de especies que no pueden habitar ningún tipo de ambiente alterno. Aunque el endemismo no es una característica muy extendida entre las aves acuáticas, algunas áreas que han permanecido aisladas por mucho tiempo contienen especies únicas (Naranjo, 1997). Este corredor está conformado por una red de sistemas cenagosos y planos de inundación, alimentados por cauces de variado caudal, los cuales mantienen una variada y rica diversidad biológica, tanto de flora como de fauna silvestre, que puede ser sustentada por su alta productividad, convirtiendo a estos en ecosistemas de gran importancia por los procesos hidrológicos y ecológicos que en ellos ocurren y la diversidad biológica que albergan, constituyéndose en hábitat crítico para especies seriamente amenazadas (Codechocó, 2006).

El corredor se encuentra ubicado en el municipio de medio Atrato, se extiende desde Paina ubicado en la margen izquierda del río Atrato hasta la desembocadura del río Bebará. Se caracteriza por presentar una gran riqueza biológica representada por una exuberante selva tropical, diversidad de flora y fauna, así como fuentes hídricas, enmarcadas en una serie de ciénagas, que representan para sus habitantes, el sustento diario a través de actividades como la pesca, agricultura, caza, extracción de madera y minería. Estos humedales presentan diferentes formas y tamaños, desde complejos cenagosos hasta madres viejas,

los cuales se conectan con el río Atrato y sus tributarios a través de caños que son utilizados por las especies que migran desde las ciénagas hasta la parte alta de los ríos a realizar procesos reproductivos y/o alimenticios.

- Corredor biológico Cabo Corriente-Cabo Marzo

Para la selección de este corredor se tuvo en cuenta los criterios protección de rutas migratorias, especies amenazadas y especies endémicas, este corredor está integrado por la región costera comprendida entre cabo Marzo y cabo Corriente, es una área o hábitat propicio para la nidación de cinco especies de tortugas marinas que se encuentra en alguna categoría de amenaza: *Eretmochelys imbricata*, *Caretta caretta*, *Dermochelys coriácea* (peligro crítico), y *Lepidochelys olivácea*, *Chelonia mydas* (peligro). Este corredor presenta una variedad de ecosistemas con formaciones de manglares y arrecifes de coral, morros dentro del océano. Dentro de este corredor se encuentra en el Parque Nacional Natural Utría, y se encuentra bajo la jurisdicción de los municipios de Bahía Solano, Nuquí, Alto Baudó y Bojayá. Las calmas y cálidas aguas han hecho de este corredor el lugar propicio para la llegada de especies migratorias como aves, tortugas y ballenas, al igual que ser el lugar ideal para el desove de peces como el *Tylosurus acus pacificus* (Pez Aguja). La conectividad de especies faúnicas se ha visto afectada principalmente por la deforestación y destrucción del manglar bien sea para la adecuación de viviendas producto de la explosión demográfica o por la extracción maderera, hacia la franja boscosa.

El área de este corredor comprende la zona costera desde la localidad de Cabo Corrientes hasta el Acuario en cabo Marzo (6° 50' 20.68"N; 77° 40' 47.80"W) en el litoral norte del Pacífico colombiano, localidades en donde se han reportado la presencia de manglares y formaciones coralinas. Esta zona se caracteriza por presentar suelo de clima cálido, húmedo y muy húmedo, en relieve fuertemente ondulado a fuertemente quebrado (Cortés, 1993).

- Corredor biológico Delta del río Baudó-Delta del río San Juan

Para la selección de este corredor se tuvo en cuenta los criterios protección de rutas migratorias, endemismos y especies amenazadas. Está integrado por el delta del río San Juan y el delta del río Baudó, este último clasificado como un sitio Ramsar para Colombia, debido a que representa hábitats potenciales para las aves acuáticas, aptos para alimentación y reproducción de muchas especies. El área soporta una gran riqueza de especies con especificidades ecológicas únicas; en este corredor se encuentran presentes los manglares que van desde la línea costera hasta varios kilómetros adentro de la desembocadura de los ríos, en franjas densas por detrás de las playas en las islas deltaicas y de una manera más dispersa a lo largo de esteros y orillas de brazos de río. Las islas deltaicas son bordeadas por detrás de la playa por franjas de manglar de algunas decenas de metros de ancho, que son reemplazadas por comunidades menos hialinas, en su interior (Castillo & Johnston, 2002). Este ecosistema se encuentra dominado por especies de *Rhizophora* spp. Y *Avicennia* spp., con presencia de otras especies como *Pelliciera rhizophorae*, *Acrosticum aureum*, *Laguncularia racemosa*, y en algunas zonas se mezclan con comunidades de transición dominadas por *Mora megistosperma*. Los manglares distribuidos a lo largo de los deltas Baudó-San Juan, se encuentran casi ininterrumpidos, permiten el desarrollo de los primeros estadios de gran parte de los recursos hidrobiológicos, son áreas muy productivas y cumplen una función filtradora de las cargas orgánicas provenientes de fuentes terrestres.

Este corredor comprende uno de los ecosistemas más productivos y a la vez más frágiles del planeta, es el punto de conexión entre los ecosistemas marinos y continentales del Pacífico, en donde confluyen especies que requieren que este tipo de ecosistemas se mantenga para cumplir con procesos esenciales de sus ciclos biológicos, estos ecosistemas en la actualidad están siendo fuertemente fragmentados debido a las diferentes actividades económicas que allí se practican, se estima que los niveles de intervención alcanzan unas 17.408.8 hectáreas, razón por la que se hace necesaria la toma de medidas para la conservación de estos ecosistemas.

• Corredor biológico Buenaventura-Tumaco

Este corredor ha sido identificado teniendo en cuenta los criterios de especies endémicas y amenazadas y de protección de rutas migratorias. Se extiende desde los municipios de Buenaventura, Restrepo y Dagua en el Valle del Cauca; pasando por los municipios López de Micay, Timbiquí y Guapí en el Cauca; hasta Barbacons y Tumaco en Nariño; por lo que conecta no solo importantes zonas megabiodiversas, sino que también permite la concurrencia de importantes especies en tres departamentos dentro de la Reserva Forestal del Pacífico.

Allí se encuentran especies de anfibios exclusivos del Chocó Biogeográfico como *Oophaga histrionica*, *Eleutherodactylus anomalus*, *E. chalcus*, *E. labiosus*, *E. latidiscus*, *E. capifer* y *E. zigodactylus*; aves como *Pyrilia pulchra* y *Neomorphus radiolus* que presentan un endemismo casi exclusivo de Colombia y *Aramides Wolfi* y *Penelope Ortoni*, las cuales se encuentran categorizadas por la UICN como especies que presentan un alto grado de vulnerabilidad (VU). En el caso de los mamíferos, se destacan tres especies vulnerables (VU) *Dinomys branickii*, *Leopardus tigrinus* y *Tremarctos ornatus*. También es el hábitat de la tortuga prieta (*Chelonia agassizii*), categorizada como especie en peligro (EN). Este corredor es además el paso de muchas especies de aves migratorias como *Elanoides forficatus*, *Buteo swainson* y *Dendroica castanea*, que migran desde Estados Unidos y Canadá hacia Suramérica, y que en Colombia pasan por toda la costa Pacífica y los Andes.

En la zona costera de este corredor se encuentran especies asociadas a los ecosistemas de manglar, ecosistemas ideales para la reproducción, protección y desarrollo de una gran cantidad de especies ícticas y de recursos hidrobiológicos en general, florísticamente en este ecosistema cohabitan especies de mangle reportadas para el Pacífico colombiano, como el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), piñuelo (*Pelliciera rizophoraceae*), negro (*Avicennia germinans*), nato (*Mora oleifera*), botón (*Conocarpus erectus*) y blanco (*Laguncularia racemosa*).

Se encuentra además la desembocadura de gran cantidad de importantes ríos que comunican e interconectan el interior del continente (desde los Andes) con el Océano Pacífico y que son la principal fuente de movilidad para muchas comunidades y al tiempo constituyen la fuente de producción íctica que es el principal objeto de comercialización en estos lugares. Ríos como el Dagua, Anchicayá, Micay, Guapí, Sanquianga, Patía, Mira, entre otros, atraviesan estos departamentos y vierten sus aguas en el Pacífico.

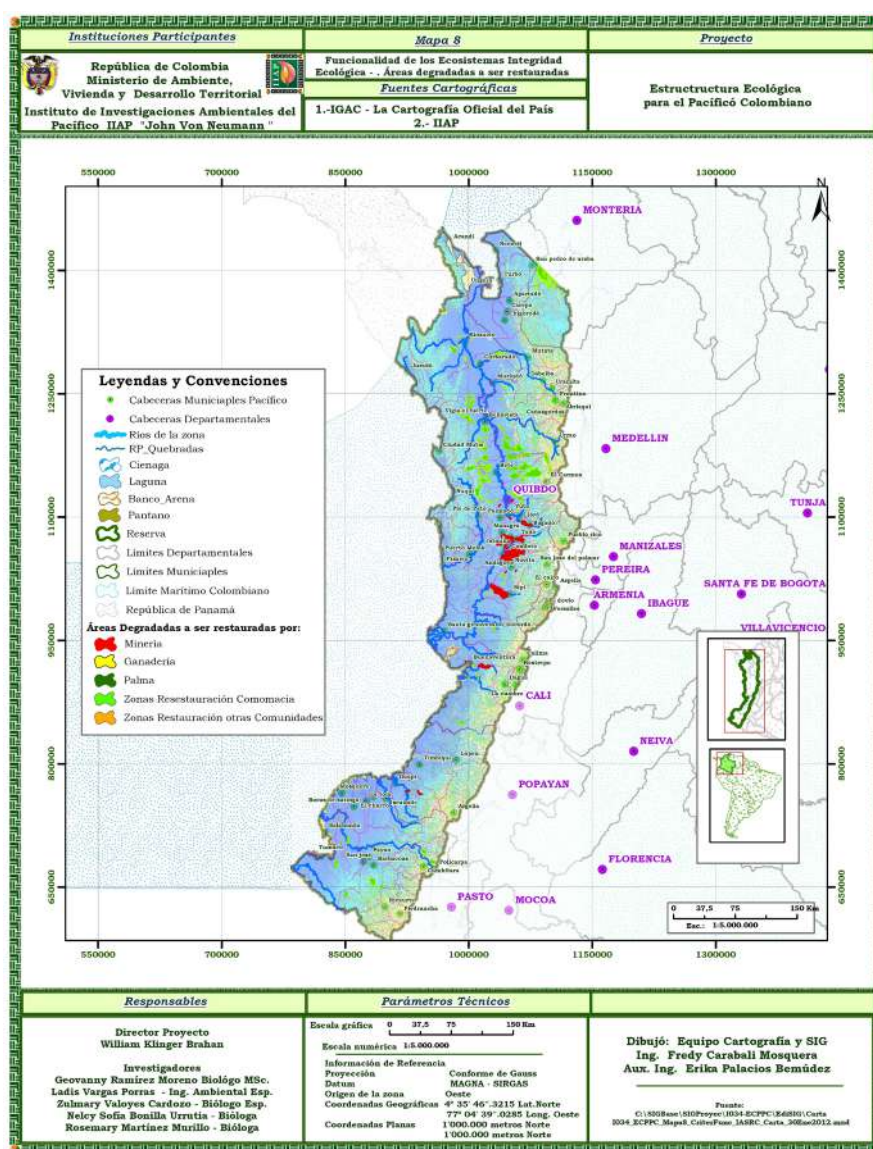
• Corredor biológico golfo de Urabá

Este corredor ha sido identificado teniendo en cuenta los criterios de especies amenazadas y de protección de rutas migratorias. Esta es una zona estratégica del país por su riqueza ambiental representada en ecosistemas manglárnicos y humedales de importancia regional y global, ubicación geoestratégica, potencial turístico e importante por sus recursos hidrobiológicos entre otros. El golfo de Urabá se encuentra localizado en el extremo noroccidental del país y constituye el punto de unión entre Centro y Suramérica. Geográficamente, se enmarca dentro de los 8° 37' y 7° 55' de latitud norte y 77° 25' y 76° 55' de longitud oeste. Políticamente, el golfo está compartido entre los departamentos del Chocó en la parte occidental, y Antioquia en el lado oriental y el límite departamental; esta región constituye la desembocadura del río Atrato. El extremo noroccidental del golfo está limitado por el cabo Tiburón (Chocó), que marca la frontera Colombo-Panameña y en la parte noroccidental por el golfo de Urabá; que constituye el receptor final de todo el sistema hidrográfico de Urabá y del Chocó, por lo cual sus condiciones físicas y bióticas son reflejo de la situación ambiental de una área de más de 4.000 km². Los ecosistemas asociados al golfo de Urabá son humedales de vital importancia para el hábitat de numerosas especies de fauna silvestre y la producción de recursos hidrobiológicos, es así como tenemos los manglares del delta del Atrato y de la ensenada de Rionegro, arrecifes, praderas de fanerógamas y corales en el sector del departamento del Chocó, vastas extensiones de arracachales conformados

por extensas poblaciones de *Montrichardia arborescens*, quienes desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la diversidad del corredor; y helechos halófitos, con escasa información sobre la incidencia en la producción de bienes y servicios ambientales para la región en el departamento de Antioquia. Por otro lado, muchas de estas especies se encuentran asociadas formando ecosistemas como los cativales compuestos por *Prioria copaífera* especie de un alto valor comercial y que hoy se encuentra amenazada. En este corredor se encuentran las playas Playón y Playona principales sitios de nidación de la tortuga Caná (*Dermochelys coriácea*) (CR), en el Caribe colombiano. También hacen presencia gran cantidad de especies faunísticas consideradas en peligro de extinción, tortugas marinas como *Eretmochelys imbricata* (CR), *Trachemys scripta* (EN), *Cheloniemydas* (EN) y el manatí (*Trichechus manatus*) categorizado como especie en peligro (EN).

5.2.2.2.2 Subcriterio de identificación de áreas a ser restauradas

Figura 5-7. Estructura Ecológica Principal según subcriterio de identificación de áreas a ser restauradas



Áreas degradadas a ser restauradas en subregiones ecogeográficas

De acuerdo con el sistema de clasificación que tiene en cuenta el tipo de cobertura (paisaje, humedad disponible y suelos) presente en el Chocó Biogeográfico, Poveda y colaboradores (2004) establecieron 13 subregiones ecogeográficas, las cuales fueron utilizadas para definir las áreas degradadas que requieren restauración (Figura 5-7).

A continuación se citan las zonas afectadas por diferentes factores que provocan degradación de los ecosistemas, agrupadas en seis subregiones ecogeográficas:

- Subregión ecogeográfica Central Norte:

- ◆ Minería

En esta subregión la minería ha sido tradicionalmente activa, Ramírez y Ledezma (2007) por ejemplo, afirman que en 1980 el número de dragas y motobombas aumentó en los ríos San Juan, Atrato, Andágueda y sus afluentes. Según IGAC, las principales zonas mineras se encuentran en la cuenca del río San Juan, en especial en los municipios de Istmina, Condoto, Tadó y río Iró (IGAC, Chocó características geográficas, 2006). En 2003 los mayores reportes se encontraban en los tres últimos municipios, que suman el 56% de la producción departamental, seguidos por Istmina, Unión Panamericana y Medio San Juan con el 28,3%.

Ortiz y Massiris (1993) sostienen que la zona comprendida entre Quibdó, Istmina, Andagoya, Condoto y Sipí (Chocó) y en el área circunvecina a Barbacoas (Nariño) son áreas sometidas a un proceso de degradación que se remonta a épocas precolombinas.

El documento diagnóstico del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio minero de Condoto reporta hacia el año 2000, por efecto de la minería mecanizada con retroexcavadoras la deforestación y degradación crítica de suelos (pérdida total de cobertura vegetal y cero capa orgánica) en un área que sobrepasaba las 5.000 hectáreas en una superficie continua, solo en la zona suburbana y en una acción extractiva desarrollada por un periodo de menos de 10 años. Hoy en día está afectación paisajística y ecosistémica que se presupone se agudizó, se encuentra en una evolución crítica de alta deforestación y apertura de claros en el bosque. Según el EOT del municipio, las áreas degradadas por esta actividad presentan vegetación de rastrojo, charcos de aguas estancadas abandonados por mineros, suelos sin cobertura vegetal. Reportes de Codechocó a noviembre de 2005 denunciaron la presencia de 80 entables (más de 160 retroexcavadoras en operación) en 10 municipios, 34 de estos entables se localizaban en el municipio de Condoto, tal vez en respuesta del alza del precio del Platino durante el año en mención. Reportes de la Umata de Istmina registran un número mayor de 13 entables mineros (con más de 30 retroexcavadoras), que inducen a concluir que se generan similares impactos en este municipio. Como producto de dicha actividad la población ha sufrido los drásticos efectos. De 9 comunidades que en 1998 existían sobre la ribera del río Condoto; la población de estas comunidades se encuentra asentada en barrios marginales en el casco urbano de Condoto, otros deambulan detrás de las minas "barequeando" en los huecos dejados por las retroexcavadoras. Cabe anotar también que en el 2002 dos comunidades del bajo Opogodó abandonaron definitivamente sus asentamientos por las inundaciones de lodos vertidos al río Opogodó por los entables mineros mecanizados. Las áreas degradadas por la minería para su recuperación cubre 4.940,26 hectáreas de ellas, 800 corresponden a la zona urbana y 4.140 la zona rural. Las zonas urbanas degradadas por minería conforman los barrios de Platinerito (Quebradas Platinerito, Sectores de Aserrio, Agua Clara, Espanta Muerto, Atolladero), Cascajero Santa Rita, San Pedro y algunas fracciones del barrio Bebedocito. En el sector rural se identifican como áreas degradadas por minería las siguientes: Opogodó (Quebradas Santa Rosa, Socorro, Santa Ana, Peñate, Cangrejo, Tatabro, Canalete, Pichirí), La Hilaria (Los Negros, quebrada La Soledad, Los Rejos) La Muriña, La Florida, El aguacate, La Unión, Acosó y Santa Ana.

El corregimiento de Opogodó presenta bosques secundarios altamente intervenidos por la minería tradicional y la minería

mecanizada. Hacia la parte alta de la cuenca del río Opogodó se encuentran remanentes de bosque primario. La principal actividad económica la constituyen la minería, la actividad agropecuaria, el comercio, turismo y la extracción forestal. Según EOT del municipio de Condoto (Alcaldía Municipal de Condoto & IIAP, 2005a). La minería en este corregimiento es de gran escala; esto ha llevado a una drástica reducción del bosque ocasionando parches enormes y una fragmentación estructural evidente (IIAP 2011).

En los eventos de inspección y monitoreo realizados por la oficina de Certificación Ecológica del IIAP en el marco del proyecto Oro Verde que promueve la minería responsable, en un ejercicio al azar de monitoreo con aplicación de evaluación ecológica rápida, en siete minas artesanales activas (considerando un área de influencia de menos de una hectárea a la redonda del frente minero artesanal) en Tadó, se detectó en el componente florístico (en promedio por mina muestreada) 272 individuos, 168 familias y 192 géneros; mientras que la observación en dos áreas mineras degradadas por minería con retroexcavadoras (con abandono de más de cinco años) solo se observó la presencia de gramíneas invasoras, lo cual denota claramente una diferencia abismal entre el equilibrio ecosistémico (abundancia y diversidad de especies de flora) de áreas presionadas por minería artesanal y la minería mecanizada con retroexcavadoras, respectivamente.

En cuanto a los efectos sobre el componente edafológico, mientras en las minas artesanales, en las áreas recuperadas y en recuperación se estimó en el Horizonte A, un promedio de 15 cm de materia orgánica, en cuyos suelos se establecen algunos cultivos transitorios de pan coger que facilitan el acceso a alimentos a los mineros artesanales; en áreas degradada por minería mecanizada en el sector de Manungará (mina abandonada hace más de cinco años) y en Playa de Oro (mina activa) no se encontró capa alguna de materia orgánica en el Horizonte A, solo en el sitio conocido como El Desértico (aledaño a Manungará, área degradada por minería mecanizada en recuperación natural) se observa una mínima presencia de cobertura vegetal, y la conformación de una capa orgánica no homogénea bastante estrecha (menor de 5 cm), gracias a la intervención de actores comunitarios y de otras organizaciones que con soporte en un proyecto de recuperación de áreas degradadas financiado por el Fondo de Acción Ambiental y Conservación Internacional vienen estableciendo especies fijadoras de nutrientes con la intención de fortalecer la capacidad agroecológica de estos suelos para su reconversión económica y ecológica.

La Estación Ambiental Alto San Juan (Angostura) está ubicada en áreas degradadas por actividades de extracción, especialmente la minería y su constitución fue con el propósito de restablecer la cobertura vegetal y mantener los relictos de bosque existentes y con ellos la diversidad biológica, además, el restablecimiento del hábitat de especies frágiles.

En el municipio de Cantón de San Pablo se registran 100 hectáreas degradadas por la actividad minera. Estas áreas se ubican en pequeños valles y coluvios de las cuencas de los ríos Ánimas, Jorodó, Raspadura, Managrucito y Taridó. Su importancia ambiental radica en la necesidad de recuperar dichas áreas para incorporarlas al sistema productivo. También, se encuentran procesos erosivos ocasionados por altas precipitaciones y asociados a actividades productivas como la agricultura, la minería y la ganadería (Alcaldía Municipal de Cantón de San Pablo, 2005b).

El municipio de Istmina cuenta con 12 minas activas en explotación de oro. Lo anterior según el reporte proveniente del inventario minero y del mapa de actividad minera del departamento del Chocó, elaborado por el Ingeominas en el año de 1999 y coordinado con el Ministerio de Minas y Energía. Las áreas afectadas por esta actividad se ubican en pequeños valles y coluvios de las cuencas de los ríos Suruco, Peradó y Profundo. Como segunda actividad en nivel de importancia, encontramos que esta ha pasado de los altos niveles de extracción manual o artesanal (mazamorreo) a considerables grados de tecnificación (dragas, draguetas monitores, retroexcavadoras); actividades que mediante la remoción de grandes cantidades de tierra, acaban con la cobertura vegetal donde laboran, provocando graves daños a los recursos naturales y al ambiente por la sedimentación y contaminación de las fuentes hídricas, erosión de los suelos, destrucción de la riqueza ictiológica, rompi-

miento de tradiciones por la influencia de culturas foráneas, entre otras consecuencias. Luego de la decadencia de la actividad minera que en la región realizaba a gran escala y con máximo nivel de tecnificación la Compañía Minera Chocó-Pacífico (hoy Metales Preciosos del Chocó, en liquidación), en la actualidad la minería tomó un nuevo impulso por la extracción mediante el sistema de retroexcavadoras en el municipio de Istmina con nueve entablos registrados (Alcaldía Municipal de Istmina & IIAP, 2005c). La minería tecnificada (draga y retroexcavadora) es la actividad que mayores traumatismos e impacto socioeconómico y ambiental ha causado al contexto municipal y en general a la región, al agotar a su más mínima expresión las fuentes de producción donde una alta proporción de la población económicamente activa derivaba los ingresos más importantes para su supervivencia (Alcaldía Municipal de San José del Palmar & IIAP, 2001).

Dentro del distrito minero Istmina se encuentran traslapadas 11.007 hectáreas de las 51.900 del Parque Nacional Natural Tatamá. La minería es la principal fuente de ingresos, concentrada principalmente en la extracción de oro; le siguen en menor proporción la plata y el platino y existen además yacimientos de caliza, molibdeno y cobre (Ministerio de Minas y Energía, 2009). A pesar que en el municipio de Sipí existe una gran variedad de especies florísticas y faunísticas, la explotación indiscriminada de algunas actividades económicas como es la minería en la parte alta de los ríos San Agustín y Taparal; así como también la tala indiscriminada de bosque y la explotación irracional de la fauna ictiológica utilizando la hierba conocida como barbasco, la pólvora y la misma minería, han generado graves problemas al ecosistema de la zona (Alcaldía Municipal de Sipí & IIAP, 2008). En los municipios de Quibdó (Pacurita, cuenca del río Cabí), río Quito (Paimadó), Yuto, Lloró (Villa Nueva, San Jorge, Tapera) y Bagadó, a pesar de que se han hecho solicitudes mineras no se han otorgado los títulos para tal actividad. Sin embargo, se evidencian los efectos de la presencia de minas ilegales en la cuenca media del río Atrato. Según Mogollón (1996) en Quibdó, por ejemplo, se ha declarado la alerta por el mercurio. Desde hace tres años, en Chocó se hicieron evidentes los nacimientos de niños con malformaciones por contaminación con mercurio. Mediante estudios clínicos se recogieron 352 muestras en 176 personas, de las cuales resultaron 158 con muestras biológicas positivas, es decir, por encima de los niveles permitidos. En el estudio se demostró que incluso gente que no está relacionada con la minería y que, por ejemplo, vive cerca de un comprador de oro, puede afectarse. Diariamente se vierten en los ríos cerca de 400 toneladas de sedimentos, y 43.000 galones de aceites usados contaminan los suelos. Además, tres toneladas de mercurio llegan a los ríos anualmente (Mogollón 1996). Este afirma que los cambios en el paisaje son considerables, hay huecos de todos los tamaños, incluso llegan a cubrir una hectárea y con profundidades hasta de 20 metros. La deforestación y la contaminación hídrica también ocasionan la migración y la destrucción de la fauna acuática y terrestre. Un informe de Codechocó en 1991 en Condoto, Istmina y Tadó, que son los últimos disponibles, mostró que anualmente se deforestaban 1.000 hectáreas por causa de la minería.

- Ganadería

En el municipio de Cantón de San Pablo la ganadería es una actividad que se viene ejerciendo hace varias décadas, se ejerce a mediana escala y las zonas que se han adecuado para este fin se localizan en Managrú cabecera municipal y los corregimientos de La Victoria, Puerto Pervel y Taridó. Esta actividad tiene como finalidad principal la comercialización, pero no cuentan con tecnologías apropiadas, lo que no les permite obtener buenos dividendos económicos. El ganado que se produce abastece en su totalidad el mercado local y algunas poblaciones de municipios vecinos como las Ánimas, Tadó e Istmina (Alcaldía Municipal de Cantón de San Pablo, 2005b).

- Subregión ecogeográfica Darién-Tacarcuna

- ◆ Ganadería

Esta región presenta un tipo de clima semiseco, que la diferencia de las otras unidades. Se ubica al norte del Pacífico sobre la Serranía del Darién y el Cerro Tacarcuna (Poveda, Rojas, Rudas & Rangel, 2004). Una de las actividades económicas más

importantes en el municipio de Acandí es la ganadería, la cual es realizada en el área de influencia del Tapón del Darién, zona compartida con el municipio de Riosucio.

- Subregión ecogeográfica Central Sur

- ◆ Minería

Ante las denuncias que el Consejo Comunitario de Citronela, ubicado en la cuenca del río Dagua, realizadas ante las autoridades mineras, ambientales y territoriales a principios de 2009, se dio a conocer que al menos 1.000 personas y 23 motobombas estaban realizando extracción aurífera sobre este río en jurisdicción del corregimiento de Zaragoza, municipio de Buenaventura. No obstante, la explotación aurífera continuó creciendo a tal punto que se estima que a principios del año 2010 aproximadamente 5.000 personas (CVC, 2010) con más de 240 retroexcavadoras y dragas estaban afectando más de 22 kilómetros del río Dagua, en busca de oro, lo que causa un grave daño ambiental sobre dicha cuenca y con lo cual se está comprometiendo, así mismo, la estabilidad del cauce natural del río con riesgo inminente para la vida de los habitantes aledaños, quienes pueden ser afectados por crecientes o avalanchas. Desde el punto de vista ambiental, se puede ver que entre los impactos más significativos sobre las aguas superficiales están los residuos finos provenientes del área de explotación que dan lugar a una elevación de la capa de sedimentos del río y la contaminación con mercurio. De igual forma, se produce contaminación de las aguas subterráneas por el vertimiento de aceites usados y, en general, por la indebida disposición de residuos sólidos (CVC, 2010). Además es indispensable mencionar que todo este impacto negativo ambiental afecta la bahía de Buenaventura. El caso de López de Micay, según el alcalde y los consejos comunitarios de este municipio, se evidencia la situación de extracción aurífera de hecho en el río Chuare, en el corregimiento que lleva el mismo nombre. Al parecer, las retroexcavadoras que están arribando al municipio provienen del corregimiento de Zaragoza, Buenaventura (Pérez et al. 2010).

- Subregión ecogeográfica Barbacoas-Magui

- ◆ Minería

La minería en el municipio de Guapí se realiza mediante la explotación aurífera a lo largo de los ríos Guapí y Guajuí y sus afluentes, con métodos artesanales (Baharequeo, minas de pozo, minas de socavón) y con retroexcavadoras las cuales producen gran deterioro al entorno. Hacia la región Andina nariñense también se reporta actividad minera. Algunos estudios realizados, como el de Mineralco, Corponariño, antigua zona minera, Universidad de Nariño, revelan la existencia de por lo menos 100 minas auríferas en la zona Andina en funcionamiento localizadas en los municipios de Cumbitara, El Tambo, Piedrancha y otros dos municipios que no hacen parte del Chocó Biogeográfico (IIAP, 2010). El municipio de Cumbitara presenta problemas de erosión de los suelos debido a la expansión de la frontera agrícola y a la vocación minera de sus gentes, ocasionando contaminación ambiental por el mal uso de los agroquímicos y los elementos químicos utilizados en minería que contaminan las principales quebradas afluentes del río San Pablo (Alcaldía Municipal de Cumbitara, Concejo Municipal de Cumbitara & INEC, 2002). De acuerdo al diagnóstico minero del Municipio de Cumbitara, en 1994¹ había trece minas activas. El potencial minero de una región se fundamenta en estudios geológicos de exploración, el municipio de Cumbitara carece de estudios geológicos sistemáticos de prospección y exploración que permitan establecer el potencial minero del municipio. En este municipio la minería se presenta en las veredas: Cristo Rey, La Esperanza, El Desierto, San Pablo, Yanazara y Buenavista (Alcaldía Municipal de Cumbitara, Concejo Municipal de Cumbitara & INEC, 2002).

- ◆ Ganadería

En el suroriente y oriente del departamento del Chocó (municipios de San José del Palmar y el Carmen de Atrato) la agricultura y la ganadería han activado y acelerado los procesos de remoción en masa.

¹ Financiado por Mineralco S.A.

Al igual que sucede con la agricultura, en San José del Palmar la explotación pecuaria es poco tecnificada, la práctica más frecuente es la del pastoreo continuo; no hay prácticas de fertilización, ni rotación de potreros; son pocos los corrales para el manejo de ganado, las labores fitosanitarias son nulas y solo el 15% de los ganaderos utiliza sales mineralizadas; el número de hectáreas en pastos de corte es reducido (Alcaldía Municipal de San José del Palmar & IIAP, 2001).

En el caso del municipio de Cumbitara se presentan 3.320 hectáreas de producción de ganado, donde los pastos naturales están identificados por el kikuyo, caracterizándose por sus bajos rendimientos nutricionales, y escasa demanda de labores culturales; encontrándose principalmente en la parte alta del municipio, especialmente en las siguientes veredas: parte sur de Bella Vista, parte oeste de Pisanda, parte norte de La Herradura, parte norte del Caucho, parte oeste de Santa Elena, vereda el Desierto, parte este de Buenos Aires, parte norte de Palo Grande, Yanazara, La Perdiz. El área dedicada a pastos naturales, donde se tiene ganadería extensiva ocupa 45,9 kilómetros cuadrados o 4.559 hectáreas equivalentes al 13,26% del territorio municipal. La explotación de ganado de doble propósito es la actividad de mayor importancia dentro de la economía familiar. La población bovina cuenta con un total de 3.841 cabezas de ganado, ubicadas en una extensión de 6.701 hectáreas, caracterizándose como una explotación extensiva y semiextensiva. Esta actividad se ubica en las veredas de Pisanda, Buenavista, el Caucho, Guadalito, San Antonio, el Desierto, Damasco, Yanazara y Sidón (Alcaldía Municipal de Cumbitara, Concejo Municipal de Cumbitara & INEC, 2002).

- Subregión ecogeográfica Mulatos
 - ◆ Ganadería

Esta actividad tiene en la actualidad fragmentada en un 95% el área de Reserva Forestal del Pacífico en Tierra Alta y Valencia, departamento de Córdoba, hacia la zona norte del municipio de Tierra Alta (región del Caramelo). Esta unidad bioclimática se presenta como una zona transicional entre el BhT (Bosque húmedo Tropical) al sur y el BsT (Bosque seco Tropical) al norte. El bosque primario ha sido talado y las tierras son dedicadas en su mayoría a la ganadería.

El municipio de El Tambo presenta planicies del valle alto, donde se encuentran la cabecera municipal y la vereda Llano Largo, bajo un clima templado; su suelo está dedicado a la ganadería.

- Subregión ecogeográfica bajo Atrato
 - ◆ Ganadería

La actividad ganadera va en aumento en los ecosistemas del norte del departamento del Chocó (municipios de Riosucio y Carmen del Darién); en Riosucio la extracción forestal con transformación del terreno a potreros áreas de uso agrícola o ganadería, ocupa 129.417 hectáreas, que equivalen al 64,5% del área forestal, lo que es indicativo del avance de la frontera agropecuaria y del proceso de colonización en la parte central del área de estudio (margen izquierda del río Atrato), el límite nororiental del municipio de Riosucio con Bajirá y las estribaciones de la Serranía de los Saltos en jurisdicción del municipio de Juradó (Alcaldía Municipal de Riosucio, 2003).

- Otras subregiones
 - ◆ Cultivos

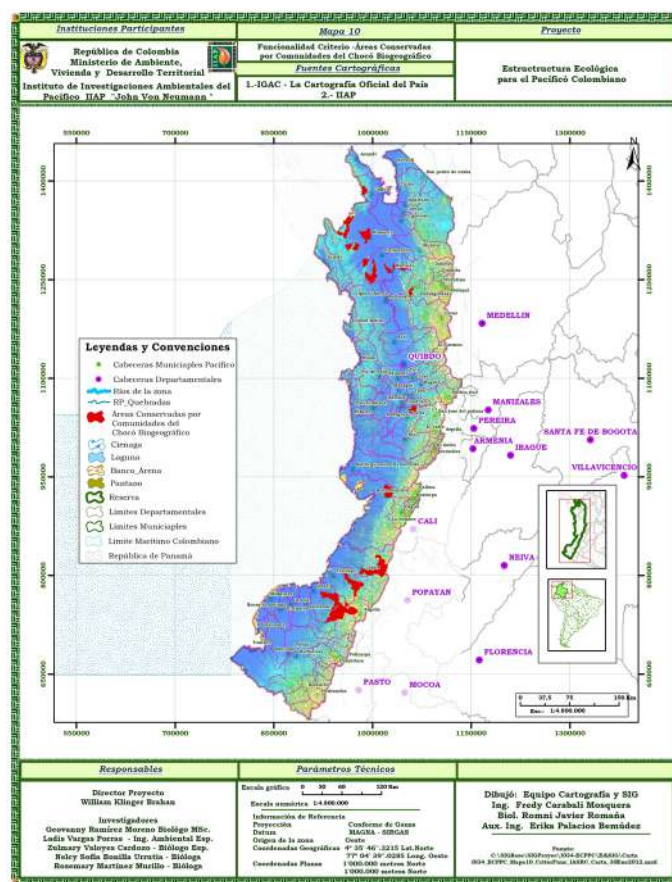
En otras áreas se presentan casos de reemplazo de hectáreas de bosque natural para la siembra de cultivos ilícitos, situación que se presenta en el municipio de Olaya Herrera y a lo largo del río Chagüí, departamento de Nariño, área perteneciente a la Subregión del bajo Patía-Mira (compuesta por colinas y serranías cordilleranas del sur del Pacífico) y en menor medida en los bosques andinos. El cultivo de palma africana se concentra en zonas como Tumaco (hace parte de la subregión ecogeo-

gráfica bajo Patía-Mira) y en los corregimientos Jiguamiandó y Curbaradó en Vigía del Fuerte (Antioquia), que pertenecen a la Subregión ecogeográfica Colinas Nororientales, que comprende colinas y serranías cordilleranas de la parte norte del Pacífico; presentan un clima moderadamente húmedo. Se ubican al norte del Pacífico, sobre las cabeceras de los ríos León y San Jorge y entre las cabeceras de los ríos Torquidatú y Capá (Poveda, Rojas, Rudas & Rangel, 2004).

Algunas zonas han sido destinadas a un uso intensivo de los recursos naturales por actividades productivas predominantes en las comunidades, correspondientes a áreas donde el aprovechamiento tanto minero como forestal ha sido muy intenso, lo que ha generado degradación y pérdida del suelo y otras tierras donde tradicionalmente las comunidades realizan las actividades de subsistencia. Infortunadamente, la desprotección a la que estas áreas han sido sometidas en estos últimos tiempos, especialmente por las inadecuadas prácticas del suelo, han generado una alta degradación. Estas zonas corresponden al área comprendida entre Chocó y Antioquia ubicada en la región del medio Atrato.

5.2.2.2.3 Subcriterio de Áreas Conservadas Por las Comunidades

Figura 5-8. Estructura Ecológica Principal según subcriterio de áreas conservadas por las comunidades



El territorio se entiende como un universo en el cual se hace posible la existencia misma de las comunidades afrodescendientes e indígenas. Más allá de la relación del hombre con la tierra, el territorio recoge la esencia misma de la presencia de un grupo social, los pobladores hacen parte del territorio, así como la tierra, los ríos, los recursos y la vida. Las comunidades negras e indígenas han manejado el territorio de acuerdo con sus prácticas culturales, lo que les ha permitido mantenerse y conservar su naturaleza. La tierra de comunidades étnicas, áreas protegidas y títulos individuales en el Chocó Biogeográfico se

han tomado del Acto Administrativo que las declara. La superficie de tierras efectivamente tituladas a comunidades negras e indígenas dentro de la reserva forestal del Pacífico es de 7.284.123,26 hectáreas (IIAP, 2010).

Pese al incremento de áreas protegidas en los últimos años, muchos territorios con gran relevancia biológica y cultural no presentan ninguna figura de protección; por lo que algunas comunidades han declarado de manera informal y voluntaria “pequeñas” pero significativas áreas que deben ser conservadas para el mantenimiento de procesos biológicos, de la conservación de la biodiversidad, y de los bienes y servicios producidos para las generaciones actuales y futuras. Al tiempo que facilitan la movilidad de especies entre ecosistemas.

Entre las áreas conservadas de manera voluntaria por las comunidades en el Chocó se encuentran las comunidades del municipio de Riosucio, las cuales dentro de sus planes de etnodesarrollo, marcan la ruta a seguir, de cómo hacer uso de sus recursos naturales de una manera sostenible, protegen en su territorio la cuenca del río Salquí, río Cacarica, río Domingodó, Dos Bocas, Chicao, La Madre y La Grande. El municipio de Condoto posee zonas de interés ambiental y de protección para la conservación en su territorio. En la zona rural se ubica La Cuchilla de Mancamo; está localizada en la divisoria de aguas de los ríos Opogodó y Mancamo en el límite sur oriental de los municipios Novita y Condoto; es una zona de alta biodiversidad en materia de avifauna y reptiles (ofidios). Además, están los Montes de Tajuato, que se localizan hacia las cabeceras de este importante río, tiene selvas vírgenes en absoluto estado primario, constituye un corredor biológico de especies que trasiegan las hoyas altas de los ríos Irabubú, Tamaná y Condoto. Por otro lado, están las cabeceras del río Condoto en este sistema de montañas sobresalen importantes cerros como el Chigordó con alturas que superan los 2.500 m, además está el cerro Tarena donde nace el río Condoto, donde se presentan abundantes especies de vida natural en flora, fauna y producción de agua natural. Esta zona se enlaza con el área del sistema montañoso del Macizo Tatamá donde se erige el Parque Natural de igual nombre. Al municipio de Condoto en esta área de parque, le corresponden las tierras que alcanzan hasta la cota tres mil (3.000 msnm) en la altimetría del parque. Además, se consideran como zonas de interés ambiental las áreas forestales protectoras de rondas de ríos y quebradas (1.233,88 hectáreas) (Alcaldía Municipal de Condoto & IIAP, 2005a).

En el municipio de Sipí las zonas destinadas a conservación dada sus características ambientales relacionadas con el suelo y situaciones hidroclimática corresponden a los barrios Porvenir, Barrancón, Escolar y Pueblo Viejo (Alcaldía Municipal de Sipí & IIAP, 2008). El caso de la zona de reserva Citronela río Dagua, la cual puede considerarse una respuesta a la realidad que viven estas comunidades del Consejo Comunitario de Dagua en Buenaventura que en la actualidad, presentan problemas de explotación aurífera causando conflictos sociales y daños a la flora y la fauna, a los cultivos de pan coger, es importante precisar que estas áreas se encuentran dentro del corredor Buenaventura-Tumaco y por lo tanto facilitan el desplazamiento de muchas especies amenazadas presentes a lo largo del corredor. En el municipio de Buenaventura, además, las comunidades establecieron varios sitios de conservación por varias razones entre estas, la presencia del puerto más importante del Pacífico, siendo utilizado como un sitio turístico lo que lleva a que la biodiversidad de esa zona sea más propensa a la explotación de los recursos naturales por parte de oriundos y visitantes. Aquí se encuentran sitios protegidos como: Sabaletas, Citronela río Dagua, Llano Bajo, Agua Clara, alto Potedó, Calle Larga, río Dagua, San Marcos, Guaimía, Limones y San Marcos.

En el Cauca las áreas protegidas por comunidades negras están presentes en los municipios López: El Playón del río Siguí, Guapi: alto Guapi, río San Francisco y río Napi; Argelia: río Napi y río San Francisco; Timbiquí: La Cuenca del río San Bernardo y Patía Norte. Algunos sitios son protegidos por las comunidades étnicas (afrodescendientes e indígenas) ante la cosmovisión de que algunas zonas se encuentran poseídas por entes sobrenaturales (espíritus) por lo que no se puede acceder con facilidad a estos lugares, tales sitios son denominados sagrados, como es el caso de varios cerros presentes en comunidades indígenas y afro, entre ellos alto del Buey, Tacarcuna, Cara de Perro, Chagueradó y Guají, entre otros.

El cerro Cara de Perro (Usa Kira) constituye uno de los sitios más sagrados de la cultura Embera. Asimismo, la zona forma parte del Chocó Biogeográfico que alberga un gran número de endemismos. El resguardo Embera de Urada-Jiguamiandó está ubicado en la cuenca del río Jiguamiandó cuyos afluentes se conforman de más de 20 quebradas y caños que sirven como fuente directa para el consumo de las comunidades (Rodríguez G., 2010) (Tabla 5-3).

Tabla 5-3. Áreas conservadas por comunidades del Chocó Biogeográfico

Subregión ecogeográfica	Municipio	Área seleccionada
Darién-Tacarcuna	Unguía	Tacarcuna
Bajo Atrato	Riosucio	Río Salaquí, río Cacarica, río Domingodo, Dos Bocas, Chicao, La Madre y La Grande.
Central Norte	Condoto	La Cuchilla de Mancamo, Montes de Tajuato, Los cerros del Iro, cerros Chigordó y Tarena.
	Sipí	Cabecera municipal: barrios Porvenir, Barrancón, Escolar y Pueblo Viejo.
Colinas Nororientales	Urada Jiguamiandó	Cara de Perro.
	Frontino	Chagueradó.
Central Sur	Buenaventura	Sabaletas, Citronela río Dagua, Llano bajo, Agua Clara, alto Potedó, Calle Larga río Dagua, San Marcos, Guaimía, Limones y San Marcos.
	López	El Playón del río Siguí.
Barbacoas- Maguí	Guapí	Alto Guapí, río San Francisco y río Napi, río Guaji.
Timbiquí	Argelia	Río Napi y río San Francisco.
	Timbiquí	La Cuenca del río San Bernardo y Patía Norte.
Baudó	Bahía Solano-Bojayá	Alto del Buey

5.3 Componente de funcionalidad y servicios

5.3.1 Criterio de provisión

Partiendo de la condición de funcionalidad y servicios que debe cumplir la estructura ecológica principal, dentro de su criterio de provisión de movilidad y transporte, se construyó un red constituida por áreas naturales que actúan como medios únicos de transporte, sin los cuales se rompería la comunicación y movilidad entre los pueblos, y que además sirvan de conexión entre otras áreas de importancia por su diversidad y singularidad de especies o ecosistemas. Estas características están ampliamente representadas por las fuentes hídricas que hacen parte del territorio del Chocó Biogeográfico, las cuales además de ser abundantes en la zona, constituyen en muchos casos la única vía de transporte para las comunidades localizadas en su área de influencia, así como el medio de obtención de los recursos naturales necesarios para su subsistencia y un factor determinante en sus prácticas culturales y productivas.

Teniendo en cuenta que la estructura ecológica principal debe contar con una composición que permita asegurar el funcionamiento ecosistémico y la prestación de servicios para el bienestar de la población, se seleccionaron bajo el criterio de provisión, aquellas fuentes hídricas principales que lograran a través de su conexión natural, el enlace de todas las áreas de interés biológico, cultural y productivo del territorio. En este sentido la red planteada se constituyó buscando abarcar la totalidad del área de la región, de ahí que esté constituida por 22 fuentes principales, que están distribuidas en todos los departamentos que conforman el Chocó Biogeográfico.

Dichos ejes principales son los ríos Atrato, Truandó, Bojayá, Murindó, Murri, Salaqui, Curbaradó, San Juan, Sipí, Copomá, Cucurupi, Calima, Mira, Baudó, Dagua, Anchicayá, Guapi, Iscuandé, Patía, río Mira, Andagueda, Juradó y Penderiscos, alrededor de los cuales se organiza la matriz de bienes y servicios ambientales que prestan los ecosistemas de la región.

5.3.1.1 Definición de subcriterio de funcionalidad y servicios

La estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico según el criterio de provisión debe incluir áreas actuales y potenciales que permitan asegurar el funcionamiento ecosistémico y la prestación de servicios para el bienestar de la población en lo relacionado a movilidad y transporte, es decir, áreas naturales que funcionen como medios únicos de transporte y que sin ellas se rompería la comunicación no solo entre los pueblos sino también entre especies y ecosistemas de interés, así mismo se incluyen aquellas que estén sometidas a impactos ambientales elevados que atenten contra el mantenimiento de su función de conexión hídrica y biológica.

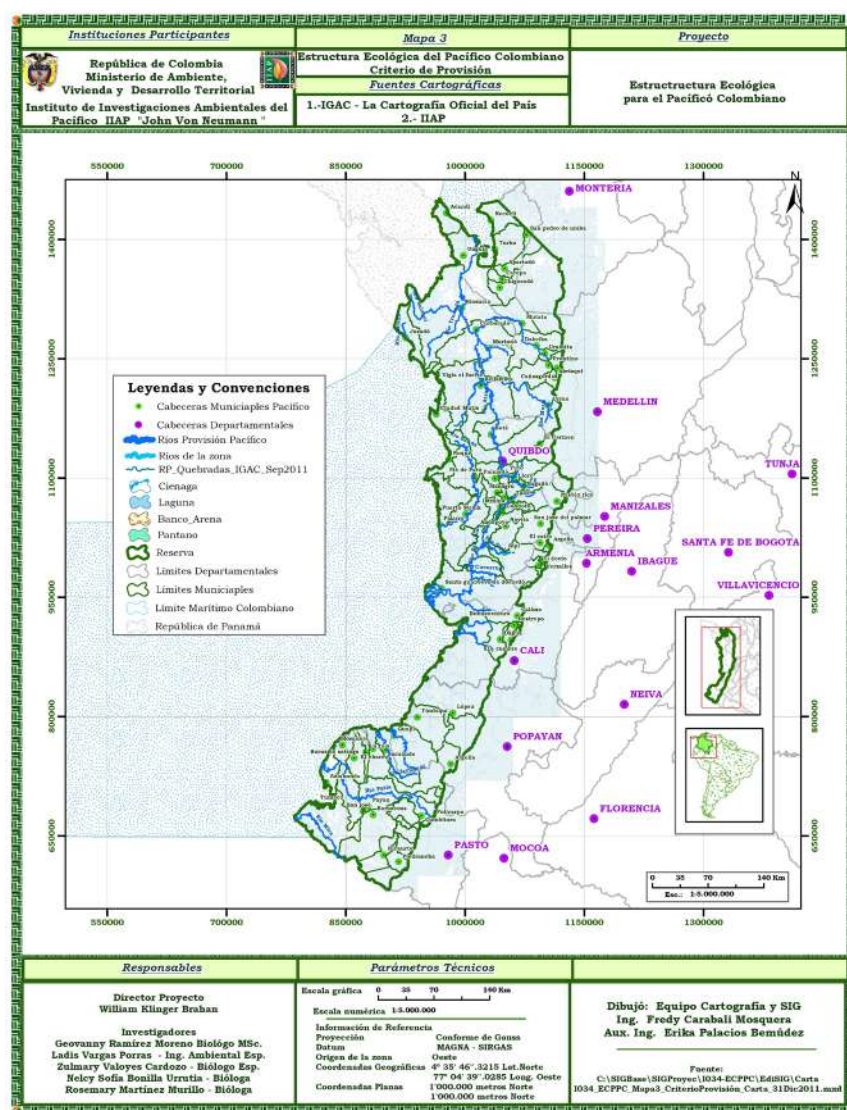
5.3.2 Estructura ecológica de provisión de la región del Chocó Biogeográfico

La Estructura Ecológica Principal desde el punto de vista del criterio de provisión está constituida por 22 fuentes hídricas (Tabla 5-4 y Figura 5-9):

Tabla 5-4. Fuentes hídricas de la Estructura Ecológica Principal del Chocó Biogeográfico

Zona hidrográfica	Cuencas hidrográficas	Área en (km ²)	Departamento
Caribe	Río atrato	35.297,38	Chocó
	Truandó	2.220,33	Chocó
	Bojayá	849,42	Chocó
	Murindó	2.295,95	Chocó
	Murri	3.571,73	Antioquia
	Penderisco		Antioquia
	Andagueda		Chocó
	Salaqui	2.222,96	Chocó
	Curbaradó		Chocó
Pacífico	San Juan	15.290,77	Chocó
	Sipí	3.911,66	Chocó
	Copomá	907,72	Chocó
	Cucurupi	890,79	Chocó
	Calima	1.493,96	Valle del Cauca
	Mira	4.302,60	Nariño
	Río Baudó	4.059,44	Chocó
	Dagua	2.483,55	Valle del Cauca
	Río Anchicayá	1.189,72	Valle del Cauca
	Río Guapí	2.210,83	Cauca
	Río Iscuandé	2.503,95	Nariño
	Río Patía	14.439,75	Nariño
	Juradó		Chocó

Figura 5-9. Estructura Ecológica Principal de Provisión de la Región del Chocó Biogeográfico



5.3.2.1 Descripción de la Estructura Ecológica de la región del Chocó Biogeográfico-criterio provisión

• Río Atrato

Esta fuente hídrica hace parte de la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico por diversas razones, además de estar considerada por el Fondo Mundial de Vida Silvestre como uno de los bancos genéticos más ricos del mundo, forma un amplio valle de tierras planas y anegadizas con la mayor fertilidad de la zona, alrededor de las cuales se asientan muchas comunidades afrodescendientes, cuyo sustento dependen de los recursos que obtienen y transportan a través del río como único medio de comunicación. El río Atrato, es la principal vía navegable del departamento del Chocó, gracias al gran caudal de sus aguas, generado por los niveles de precipitación de la región y a los cerca de 150 afluentes. Adicionalmente, tiene 8 puertos, de los cuales Quibdó constituye el más importante. Su característica de navegabilidad durante todo el año en sus 508 km, para embarcaciones hasta de 200 toneladas, lo convierte en la principal ruta de comercio con Antioquia y el puerto de Cartagena.

El río Atrato nace en los Farallones del Citará (cerro de Caramanta), sobre una cota de 3.700 msnm, en el municipio del Carmen de Atrato, ubicado en el departamento del Chocó y su corriente desemboca en la bahía Ceverá (golfo de Urabá), en el Mar Caribe. Este río es considerado uno de los más importantes del mundo gracias al gran potencial hídrico que presenta, ya que se encuentra en una de las zonas más lluviosas del planeta. Entre sus principales afluentes se destacan: Cabí, Negua, Quito, Munguidó, Beté, Buey, Bebará, Bebaramá, Tagachí, Murry, Arquía, Buchadó, Bojayá, Murindó, Opogadó, Montaña, Curvaradó, Domingodó, Truandó, Salaquí, etc. Sus características físicas se presentan en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5. Características físicas del río Atrato

Código	1100		Área (km²)		36.589,77	
Características físicas	Superficie (km²)	Caudal (m³/s)	Longitud (km)	Ancho (m)	Profundidad (m)	No. Tributarios
	38.500	1.022	750	150 - 500	38 – 31	150

La cuenca del río del Atrato, no solo es el eje alrededor del cual se desarrollan ecosistemas específicos de la región, sino que también constituye el único medio de transporte para las comunidades que se encuentran asentadas en sus orillas, aguas debajo de la ciudad de Quibdó. Representa además una de las grandes divisiones de la navegación colombiana, con un promedio de 1.090.058 toneladas movilizadas por año afectada en los últimos años por el conflicto armado.

El río Atrato ha permitido la intercomunicación regional y cumple claras funciones de provisión de recursos, sustento y comercio para un número importante de municipios del Chocó, como medio Atrato, Vigía de Curbaradó, Bojayá, y Riosucio entre otros. En cuanto al movimiento de carga, los principales productos transportados por su cauce son el plátano, el banano, los productos de la pesca y la madera. Esta cuenca a su vez está expuesta a muchos impactos ambientales, generados por la actividad minera realizada directamente en sus aguas y en sus afluentes, de ahí una justificación adicional para su inclusión en la Estructura Ecológica Principal.

• Río Truandó

El río Truandó es un elemento primordial de la estructura ecológica principal de la región, ya que constituye un corredor de ecosistemas, especies, cultura, población, y desarrollo. Su cuenca abarca una superficie de 2.220.33 km², nace en un amplio valle situado a 25 km de bahía Aguacate y es uno de los principales afluentes del río Atrato, localizada en su mayor parte en el municipio de Riosucio, el cual se ubica al norte del departamento del Chocó, en la zona denominada como bajo Atrato. Su inclusión en la estructura ecológica principal obedece a que constituye un corredor de conexión biológica entre diferentes tipos de ecosistemas y a la función de provisión de bienes y servicios que cumple para las comunidades asentadas en el municipio de Riosucio y sus corregimientos, las cuales no cuentan con aeropuertos o vías carretables que permitan su comunicación con el resto de la región.

El río Truandó como muchas de las fuentes hídricas del Chocó Biogeográfico constituye el único medio de transporte no solo de las comunidades, sino también de los productos requeridos para su sustento, lo cual es favorecido por el corredor vial que este río forma con el río Atrato, situación que no solo les permite comunicarse con otros departamentos, sino que constituye una oportunidad de comercio y desarrollo económico a nivel global, teniendo en cuenta las proyecciones de construcción de un canal interoceánico que han existido para dicho corredor desde mediados del siglo pasado.

En este sentido se conoce que el río Truandó desagua en un cañón de suave pendiente que termina en el plano aluvial del río Atrato, el cual tiene una profundidad del 95% en el tiempo, por lo cual su conexión a través de un canal permitiría la navegación de buques de hasta 5.000 toneladas en menos tiempo; productos como el carbón del Cerrejón, bauxita, petróleo y mineral de hierro de Venezuela se transportarían desde este puerto con mayor facilidad hasta el Lejano Oriente, el Caribe y la Costa Este de los Estados Unidos.

• Río Bojayá

La inclusión del río Bojayá en la estructura ecológica principal obedece a sus características, ya que cuenta con un área aproximada de 849,42 km² y es la fuente hídrica principal para el municipio chocoano con el mismo nombre, cuyo territorio está comprendido entre dicha cuenca y la del río Atrato al oriente y la Serranía del Baudó al occidente, lo que hace que en él se distingan dos áreas orográficas: una plana y selvática con muchas ciénagas, y otra relativamente montañosa y boscosa en el occidente. Este contexto explica la importancia de conexión biológica ejercida por el río Bojayá en la zona, ya que funciona como corredor entre los bosques de montaña, serranía y colinas altas que permiten la protección y conservación de la biodiversidad y ecosistemas estratégicos productores de agua, oxígeno y biomasa y las planicies de inundación del río Atrato, constituyéndose en un área de amortiguación de las crecidas del mismo, que propicia la presencia de ciénagas, humedales y zonas pantanosas, hábitats de una gran diversidad de flora y fauna que participan de manera determinante en los ciclos biológicos de la biodiversidad de la región. En adición el río Bojayá está incluido dentro de la zona histórico cultural definida en la zonificación y plan de manejo del Parque Nacional Natural Utría, con un área que abarca desde la cabecera hasta la quebrada Mutatá la del río Tomendó, en el límite nororiental del Parque (PNNC, 2007).

Sumado a ello, el río Bojayá constituye una vía de tránsito obligatorio para el ingreso al municipio ya que éste no cuenta con vías carretables, aunque en la población vecina de Vigía del Fuerte (Antioquia) existe una pista de aterrizaje para aviones, se requiere atravesar su cauce en cualquier caso. De ahí que sea junto con el río Atrato, la vía de transporte de los productos generados en las principales actividades económicas del municipio como la agricultura, la pesca y la explotación forestal, siendo los productos más importantes el plátano, el maíz, el arroz y la yuca que son transportados por dichos ríos hacia Quibdó y hacia otros municipios con los que tiene intercambio comercial.

• Río Murindó

La cuenca del río Murindó tiene un área 2.295,95 km² aproximadamente y es uno de los principales afluentes del río Atrato, su cauce ha sufrido cambios en el tiempo, lo que lo convierte en un área natural con requerimientos de conservación y mantenimiento que le permitan autorestaurarse. De ahí la importancia de su inclusión en la estructura ecológica principal de la región, ya que además de los requerimientos de conservación mencionados cumple de manera clara la función de constituir un corredor de transporte de biodiversidad y provisión de bienes y servicios a las comunidades de la zona, cuyo sustento y transporte dependen directamente de la existencia del río Murindó y la red que conforma junto con el río Atrato y sus afluentes directos.

Un estudio geomorfológico (Parra, 2002) del río Murindó, antes de los sismos de 1992, lo definía como un río meándrico, con curvas abiertas de radios aproximados a 0,5 km, algunas de ellas conformaban casi un círculo completo. Con la cantidad de material aportado por los deslizamientos y la cubierta vegetal en 1992, el antiguo cauce se colmató hacia la zona del piedemonte y posteriormente se generaron profundos cambios en dirección aguas abajo. Al colmatarse el cauce en la zona montañosa, gradualmente fueron arrastrados sedimentos y material vegetal hacia la parte baja, lo que causó el bloqueo del río en la desembocadura al Atrato, lo que obligó a trasladar la población. Posteriormente, el río llenó el cauce desde el piedemonte hasta el antiguo Murindó y cambió su carácter por el de un río trezado, variando periódicamente la dirección del cauce y cortando todos los meandros preexistentes. De esta manera las aguas del río se regaron sobre toda la llanura de inundación,

aproximadamente a partir de la antigua población en dirección aguas abajo, mientras que aguas arriba formó un cauce recto, de más de 200 m de ancho que periódicamente migraba de manera lateral, destruyendo el sistema meándrico anterior. Aproximadamente a 1,5 km, existía un canal artificial, construido por Maderas del Darién para la explotación del bosque natural en décadas anteriores, a través del cual los habitantes encausaron parte de las aguas regadas y el río conformó un cauce que se fue ampliando con el tiempo. A principios del año 2002 todo el caudal del río Murindó transitaba a través de antiguo canal, que el mismo río se ha encargado de ampliar hasta un ancho aproximado de 20 m. De esta manera el cauce del río Murindó ha sido severamente modificado, por lo cual es necesario dividirlo en tres tramos diferentes para tratar de entender su comportamiento futuro.

- ~ **Cauce inferior.** Comprende desde el sitio donde el río ocupó el canal artificial, hasta su desembocadura en el río Atrato. En este tramo, que inicialmente era de 11,1 km de longitud, se compone en la actualidad de tres segmentos distribuidos así: 4,6 km del canal recto preexistente, 1,4 km del nuevo lecho que sirvió para su empalme con las aguas regadas, también con una disposición lineal, por último, 1,3 km de antiguo lecho que todavía ocupa el río.
- ~ **Cauce intermedio.** Comprende desde el sitio donde el río ocupó el canal artificial, hasta la antigua cabecera Municipal, este tramo es el que trata de mantener un equilibrio entre el cauce superior y el inferior; está sujeto al efecto de vacío creado por la mayor velocidad del río en el tramo inferior y al aporte de sedimentos que vienen del tramo superior. En este punto es muy difícil prever el comportamiento futuro del río.
- ~ **Cauce superior.** Abarca desde la confluencia de los ríos Coredó y Murindó, hasta la curva que presenta el río en el sitio del antiguo Murindó. En este sector el río tiene una enorme sobrecarga de sedimentos y el ancho de su lecho varía entre 5 y 10 veces del cauce normal (Alcaldía Municipal de Murindó, 2008).

Si se tiene en cuenta que el río lleva los últimos 10 años tratando de ajustar su cauce y su longitud total disminuyó en más de 8 km, lo que con el transcurso de los años debe recuperar, es necesario establecer medidas que permitan su conservación, de tal manera que este con el tiempo logre recuperar sus condiciones originales y continúe funcionando como un corredor de biodiversidad y de sustento comunitario.

• Ríos Murri y Penderisco

Las funciones de conexión y provisión que cumplen estos ríos, explican la introducción de este corredor hídrico en la estructura ecológica principal, el río Penderisco es una subcuenca del río Murri el cual abarca un área aproximada de 3.571,73 km², es uno de los principales afluentes del río Atrato y sirve de línea fronteriza entre el municipio de Urrao y Frontino en Antioquia.

Ambos están asociados al altiplano subandino de Urrao por encima de los 1.200 msnm, con un clima húmedo, incluye altiplanos y áreas de vertientes superiores de los ríos Pavón, Urrao, Encarnación y otros menores, con una red hídrica asociada a valores ecológicos estratégicos para la conservación de la biodiversidad en la región. Además, hacen parte de la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Las Orquídeas, el cual se erige como un punto de conexión ecosistémica con los Farallones de Citará (PNNC, 2004), de ahí que juntos funcionen como corredores que mantienen el flujo de especies entre los ecosistemas del parque y aquellos que se encuentran en las zonas de influencia de la cuenca del río Atrato. A lo que además se suma el hecho de que estas fuentes se encuentren expuestas al deterioro por los impactos ambientales causados por actividades crecientes como la ganadería extensiva en la zona, lo que afecta de manera directa la integridad del corredor que forman entre sí y con el PNN las Orquídeas, que constituye uno de los lugares con mayores reportes de especies endémicas tanto de flora como de anfibios.

En la cuenca del río Murrí y Penderisco, la cultura es netamente campesina, asociada a unidades familiares dedicadas a actividades productivas que les permiten asegurar su sustento básico, lo que en gran medida depende de la existencia de este corredor hídrico, ya que algunas comunidades ocupan la parte alta y media de los ríos, donde realizan agricultura principalmente de caña, cacao, café, cultivos de pancoger y plátano. Así mismo, ha favorecido el intercambio cultural entre las comunidades negras e indígenas de Frontino, Urabá antioqueño con las comunidades del Atrato medio.

• Andagueda

Su ubicación hace que realice su recorrido conectado zonas bajas y selváticas con zonas montañosas hacia su nacimiento en el cerro de Paramillo, limitando con los departamentos de Antioquia y Risaralda, mostrando así su importancia como corredor biológico, el cual a su vez está unido a uno de los ejes principales de la estructura ecológica principal como es el río Atrato. De igual manera, esta cuenca tiene una relevancia para las comunidades ya que aunque cuenta con una vía terrestre que comunica a Bagadó con el municipio de Tadó, esta se encuentra en mal estado, razón por la cual la principal vía de tránsito existente es el corredor Andagueda-Atrato. Además, las actividades productivas realizadas por la población están directamente ligadas a la cuenca, siendo las más importantes la minería artesanal, la agricultura de subsistencia y la actividad forestal. La principal cuenca hidrográfica del municipio de Bagadó en el departamento del Chocó, la constituye el río Andagueda, el cual tiene su origen en los Farallones del Citará más específicamente en el cerro de Paramillo y recorre de oriente a occidente los Municipios de Bagadó y Lloró entregando sus aguas al río Atrato².

Esta cuenca tiene la forma de una bolsa alargada y ensanchada en su parte nororiental. Su altura varía entre los 700 y 3.350 msnm en el cerro de San Nazario. En estas zonas las lluvias alcanzan promedios cercanos a los 8.000 mm anuales. Las elevadas precipitaciones se deben a efectos orográficos, ya que la cordillera Occidental impide el paso de las masas de aire húmedo provenientes de la cuenca del Atrato y del Océano Pacífico. Se presenta un desequilibrio entre los índices de precipitación y evapotranspiración, por lo tanto el exceso de escorrentía, propicia la formación de una amplia red de arroyos, torrentes y ríos que van a engrosar su caudal y el del río Atrato donde desemboca³.

• Ríos Salaquí, Curbaradó y Juradó

Se incluyen también a la estructura ecológica principal propuesta de acuerdo al criterio de provisión, los ríos Juradó, Salaquí y Curbaradó, por sus condiciones de ubicación, que le permite una conectividad ecosistémica que garantiza la conservación de la biodiversidad de la región, así como por constituir corredores fluviales únicos para el desarrollo de las poblaciones con sus mismos nombres.

• Río San Juan

La integración de este río a la estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico está relacionada con la función conectiva que cumple para muchos ecosistemas, gracias a su recorrido, el río San Juan nace en el cerro de Caramanta al sur de los Farallones de Citará, en el sector oeste de la cordillera Occidental, a una altitud aproximada de 3.000 metros, y su cuenca tiene un área aproximada de 36.000 km² (Cornish, Restrepo y Correa 1995). Este se ubica dentro del territorio chococano, se extiende al occidente de la cordillera Occidental y alcanza sus máximas elevaciones en el cerro Caramanta (3.900 m), el alto de Serna (3.650 m), cerro Tamaná (4.200 m) y cerro Tatamá (3.950 m). Cuenta con tributarios muy importantes como el río Paimadó, el río Tamaná, el río Sipí, el río Calima, Copomá y Munguidó y el río Calima. Sus principales características se presentan en la Tabla 5-6.

² Plan de Desarrollo del Municipio de Bagadó, 2008.

³ <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/poder-resistencia-katios-andagueda/poder-resistencia-katios-andagueda.shtml>

Tabla 5-6. Características físicas del río San Juan

Código	5400		Área (km ²)		12.893,38	
Características Físicas	Superficie (km ²)	Caudal río Atrato (m ³ /s)	Longitud (km)	Ancho (m)	Profundidad (m)	No. Tributarios
	38.500	1.022	750	150 - 500	38 – 31	150

El río San Juan desemboca en el océano Pacífico, en Litoral de San Juan, a través de un delta de unos 300 km², denominado «Siete Bocas», y que está situado a unos 60 km al noroeste del Puerto de Buenaventura, e incluye numerosas islas rodeadas de manglares. Su extensión y ubicación le permite irrigar los departamentos de Risaralda, Chocó y Valle del Cauca, haciendo un recorrido que va desde los bosques húmedos, hasta llanuras aluviales, cordilleras, manglares y ecosistemas costeros, situación que lo convierte en uno de los principales corredores biológicos del país, donde el flujo y la dispersión de muchas especies permiten mantener la biodiversidad y la integridad de estos ecosistemas. De su existencia depende el mantenimiento de la reserva y patrimonio de recursos de flora y fauna que constituye su valle para el país, por sus altos índices endémicos. En este sentido, el Parque Nacional Natural Tatamá con una extensión de 51.900 hectáreas en territorio compartido entre los departamentos del Chocó, Valle del Cauca y Risaralda, cuenta con una vertiente al occidente sobre la cuenca del río San Juan, de ahí que muchos de sus afluentes tengan su nacimiento en el parque, considerado un área protegida de alto interés científico y un refugio natural intacto para muchas especies vegetales y animales por el excelente estado de conservación de sus ecosistemas y por albergar uno de los tres únicos páramos vírgenes del país.

Sumado a ello, la cuenca del río San Juan que está ligada a la cuenca marina del Pacífico, hacia donde drena este río, comprende los municipios de Istmina, Tadó, Condoto, Nóvita, Sipí y San José del Palmar, en los cuales la población ha subsistido gracias a la oferta productiva ofrecida por esta fuente hídrica, que constituye además el único medio de conexión vial para muchas de las comunidades que habitan esta zona.

• Río Sipí

El río Sipí hace parte de la estructura ecológica principal debido a que constituye un elemento determinante en el mantenimiento y la subsistencia de las comunidades que habitan el municipio chocoano con su mismo nombre, ya que además de que todas sus actividades productivas giran en torno a los recursos que este les ofrece, constituye el único medio de transporte en la zona, es decir que no cuenta con aeropuerto, ni está conectado a la red vial del país, de ahí que su inclusión sea un mecanismo para asegurar la movilidad de la población y la conservación de las especies y ecosistemas que dependen de su permanencia. La cuenca del río Sipí tiene un área aproximada de 3.911,66 km², tiene un caudal de 441 m³/s, desemboca al río San Juan y sus principales afluentes son el río Grande, el río Taparó, la quebrada Escobal, quebrada Cucurupí, el río Garra-patas, la quebrada Domocó, la quebrada Picitos, la quebrada Madre Vieja, la quebrada Agua Sucia, la quebrada Agua Clara, la quebrada Barrancas y el río Cajón.

Esta cuenca se encuentra localizada en el municipio chocoano Sipí, el cual cuenta con una población de 3.578 habitantes, distribuidos en 6 corregimientos y 6 comunidades, dedicadas principalmente a la minería artesanal, la pesca y la agricultura de subsistencia reducida a pequeñas parcelas de cultivos como el plátano, maíz, arroz, borojó, yuca, chontaduro, lulo, caña de azúcar y la papa china (Alcaldía Municipal de Sipí & IIAP, 2008).

• Ríos Copomá y Cucurupí

El río Copomá tiene un área de 907,72 km² y el río Cucurupí aproximadamente 890,79 km², ambos nacen en uno de los tres páramos vírgenes del país, del Duende, y desembocan al río San Juan. Constituyen las principales fuentes de aprovisionamiento de recursos naturales para las comunidades del municipio de Litoral del San Juan en el Chocó. Su conexión directa con el mencionado páramo los convierten en una ruta que recorre desde los bosques húmedos con climas cálidos, hasta bosques de niebla, bosques y humedales altoandinos con poca o ninguna intervención, que pueden alcanzar los 3.900 msnm y temperaturas inferiores a los 8°C.

La importancia de conservación de estos dos ríos, como la mayoría de las fuentes hídricas de la región del Chocó Biogeográfico, radica principalmente en los siguientes dos aspectos. La función sociocultural que cumplen, pues las comunidades asentadas en sus zonas bajas, dependen de los recursos que obtienen y transportan a través de sus cauces, ya que mayoritariamente se dedican a actividades de pesca, extracción de madera y agricultura de consumo practicada en los valles de los ríos. Por otro lado, la función ecosistémica que desempeñan, ya que sirven de conexión biológica para ecosistemas y especies que fluyen de manera natural a través de sus cursos, logrando mantener la diversidad específica de cada uno. En este sentido, su existencia contribuye directamente con el mantenimiento de áreas claras de conservación como el Páramo del Duende, que a su vez cumple una función de producción de agua para estas y otras fuentes hídricas de la región.

• Río Calima

La importancia del río Calima en la conformación de la estructura ecológica principal está basada en tres aspectos principales, su conexión directa con el Páramo del Duende, su función de generación de energía eléctrica para la población de la zona a través de la alimentación del Lago Calima y su constitución de un corredor biológico para especies y ecosistemas localizados en su curso desde 300 a 3.400 msnm, que a su vez se conectan con el resto de la estructura a través de del río San Juan, garantizando la integridad y mantenimiento de la biodiversidad de la región.

La cuenca del río tiene un área de 1.493,96 km², sus principales afluentes son la quebrada la Cidreira, la Guajira, la Sonrisa, la Florida, los Molanos, la Unión, la quebrada San José, la Primavera, el Sinal, la Sanadora, Berlín, la quebrada del Infierno, la Cristalina, la quebrada el Tambor, la quebrada el Tigre, la quebrada Measma, la quebrada Juancho, la quebrada San Sebastián, la quebrada la Escalera, quebrada La Virgen, quebrada Marcela, quebrada Ordóñez, quebrada Laurel, quebrada Querrecita y la quebrada Guadual. Nace en el Alto las Nieves (Páramo del Duende), a unos 3.400 msnm en las estribaciones de cordillera Occidental, se dirige en primera instancia a su confluencia con el río San Juan, para luego orientarse hacia el sur, hasta descargar sus aguas al Lago Calima. En su recorrido se caracterizan tres zonas, la zona alta montañosa entre las cotas 3.400 y 1.600 msnm, una zona media en la cual confluyen la mayor parte de los tributarios de importancia entre las cotas 1.600 y 300 msnm y una zona de litoral entre las cotas 300-50 msnm. De ahí su característica de conexión ecosistémica y la importancia de su mantenimiento.

• Río Mira

De la existencia de este cauce principal depende el mantenimiento del flujo de especies a través de un importante conjunto ecosistemas y con ello la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de vida de la población de la región, ya que a pesar de que tiene su origen en territorio ecuatoriano, en el cual realiza la mayor parte de su recorrido, el río Mira es la principal fuente hídrica del municipio de Tumaco en Nariño, en cuyo territorio atraviesa zonas planas o ligeramente onduladas entre la llanura del Pacífico; así como extensas zonas cubiertas de selva y manglares en la región costera. La faja del litoral que atraviesa se caracteriza por sus numerosos esteros, caños islas y humedales, a lo largo de la cual se encuentran algunos accidentes, entre ellos el cabo Manglares y la ensenada de Tumaco. De ahí que constituya un corredor de conexión

ecosistémica de gran importancia a incluir en la estructura ecológica principal. Sumado a ello, para la población tumaqueña, los ríos hacen parte de su identidad cultural, ya que estos le proporcionan el agua indispensable para su desarrollo, sus prácticas productivas, su fuente de trabajo y su medio de transporte y comunicación, debido a la falta de servicios básicos esenciales, los deficientes medios de transporte para comercialización de sus productos.

La cuenca del río Mira tiene un área aproximada de 4.302,60 km², marca límites entre Colombia y Ecuador, correspondiéndole al primero 88 km del total de su curso. Es navegable en toda su extensión. La hoya hidrográfica del río Mira transcurre por regiones selváticas. Sus principales e importantes tributarios del río Mira son: el río Guiza, el río Mataje y el río San Juan.

• Río Baudó

La cuenca del río Baudó se caracteriza por presentar diferentes tipos de humedales como pantanos arbustivos, ríos permanentes de cauce lento, bosques inundados y estuarios, los cuales albergan una alta biodiversidad de fauna y flora y son de vital importancia para las comunidades locales. Así mismo, por su ubicación y relativo aislamiento, son áreas apropiadas para la conservación y el uso racional de sus recursos naturales (Decreto 1667 del 2002). Razones por las cuales este cauce integra de manera primordial la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico, además constituye la vía de comunicación para las comunidades del alto y bajo Baudó. De otro lado, su conexión a importantes ecosistemas como el alto de los Paraguas, Piraguitas y El alto del Buey en la Serranía del Baudó lo convierte en área específica de interés para el mantenimiento de la biodiversidad, teniendo en cuenta que los criterios de conexión de ecosistemas en buen estado de conservación, alta diversidad, alto valor hídrico y refugio de especies únicas.

El área de la cuenca del río Baudó es de aproximadamente de 3.762,76 km², su longitud es de 150 km de los cuales 80 km son navegables. Nace en el alto del Buey a una altura de 1.810 msnm y sigue un recorrido norte-sur hasta la desembocadura del río Pepé, en donde gira hacia el oeste para tributar sus aguas al Océano Pacífico; atravesando el territorio de algunos municipios del departamento del Chocó, como alto Baudó (Pie de Pató) y bajo Baudó (Pizarro). El alto del Buey que se encuentra en la Serranía del Baudó, es un sistema montañoso independiente, al occidente de la cordillera Occidental. Este valle, con precipitaciones altas, separa la costa Pacífica del Valle del Atrato. Entre sus principales afluentes se pueden mencionar Dubasa, Pegadó, Pepé, Curundó, Querá, Torreidó, Misará, Antadó y San Luis entre otros. Esta red fluvial es básica en los procesos de comercialización de los productos de la región con otros municipios y departamentos.

• Río Dagua

Esta cuenca integra la estructura ecológica principal, ya que su cauce nace sobre el costado occidental de la reserva natural de los Farallones de Cali, en una zona de bosque húmedo de montaña, en la zona media se encuentran temperaturas promedio mayores a los 14°C en una zona higrofitica importante con un relieve de colinas bajas, pendientes suaves y topografía ondulada. En este sentido, a lo largo de la cuenca se encuentran bosques secos muy secos tropicales, bosque de segundo crecimiento, colinas altas y bajas, terrazas llanuras costeras⁴. Lo que muestra el nivel de diversidad de ecosistemas conectados a través del río Dagua, y la función de conexión de especies y conservación que cumple para las mismas y sus hábitats.

El área aproximada de la cuenca del río Dagua es 2.474,65 km². Nace en los Farallones de Cali, en el divorcio de aguas con la cuenca del río Cali, a 2.000 msnm aproximadamente, y desemboca en el Océano Pacífico. En su recorrido cruza los Municipios de Dagua y Buenaventura. Su cuenca hidrográfica limita al sur con la cuenca del río Anchicayá, al occidente con el Océano Pacífico, al norte con la cuenca del río Calima y al oriente con las cuencas de los ríos Cali, Arroyohondo, Yumbo, Mulaló, Vije y Yotoco. Sus principales afluentes son los ríos Jordán, Bitaco, quebrada Los Indios, río Pepitas y el río Escalerete.

⁴ <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/poder-resistencia-katios-andagueda/poder-resistencia-katios-andagueda.shtml>

A escala sociocultural, también constituye un importante eje productivo para la región, ya que las comunidades de su área de influencia lo aprovechan para la realización de sus principales actividades productivas como agricultura, explotación forestal, avicultura y minería, sobre su delta se construyó un macroproyecto destinado a brindar servicios especializados en el manejo portuario y al desarrollo de los diferentes campos de dicha industria, lo cual ha beneficiado el desarrollo económico de la región. Su inclusión dentro de la estructura ecológica principal obedece además al estado de deterioro en que se encuentran algunas franjas de su cauce debido a la actividad minera descontrolado y sin manejo, razón por la cual se requiere de urgentes medidas que eviten el avance de los impactos ambientales y la disminución considerable sus funciones.

• Río Anchicayá

Las características e importancia del río Anchicayá lo convierten en un elemento importante de la estructura ecológica principal, es un río ancho y caudaloso, de aguas por lo general tranquilas, que presta diversos bienes y servicios ambientales, se ha explotado mediante la utilización de presas para obtener energía eléctrica, entre las que se encuentran el embalse del bajo Anchicayá y la represa de alto Anchicayá. La economía de la región (área rural) depende de la pesca, la agricultura, la explotación maderera, la caza, la recolección de productos de la selva y la minería, todos realizados en su áreas de influencia. Los sistemas adaptativos y de organización social de los pobladores negros del litoral han permitido el aprovechamiento de la oferta ambiental existente mediante la realización de actividades productivas a lo largo de la cuencas⁵. Esta cuenca además se encuentra clasificada de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Buenaventura dentro de los ecosistemas estratégicos para el abastecimiento de la población y los procesos productivos, que se definen como aquellos que satisfacen las necesidades de la población en agua, aire, alimentos, energía, recreación y, por ende, son factores para alcanzar la productividad económica al ser considerados insumos básicos de los procesos productivos (Alcaldía Municipal de Buenaventura, 2001).

Su cuenca abarca un área de 1.186,89 km², el río Anchicayá cruza el municipio de Buenaventura al sureste, departamento del Valle del Cauca, desemboca en el Océano Pacífico. En la primera parte de su curso se conoce como río Grande, su caudal es aprovechado en la generación de energía eléctrica. Su cuenca hidrográfica limita al sur con las cuencas de los ríos Raposo y Cajambre, al occidente con el Océano Pacífico; al norte con la cuenca del río Dagua y al oriente con las cuencas de los ríos Claro, Jamundí y Cali. Sus principales afluentes son el río Dagua, río el Danubio, río Aguaclara, quebrada San Marcos, río Zabaletas, quebrada Bartolo y quebrada Opogodó.

La suma de todos estos factores permiten considerar el río Anchicayá dentro de la estructura ecológica principal de la región, sumado a su conectividad con otras fuentes hídricas que la constituyen como el río Dagua y su condición de vulnerabilidad frente a los impactos ambientales causados por la minería y el aprovechamiento eléctrico, que han generado deforestación y sedimentación en algunos sectores del cauce.

• Río Guapí

El río Guapí nace en el cerro Plateado, el cual forma el núcleo de un macizo orográfico donde tienen su origen los ríos más importantes del Pacífico caucano como el río San Juan del Micay, el río Timbiquí, el río Napi. Allí se encuentran el cerro de las Vacas que es el más alto del área, con 3.600 a 3.800 m y el cerro Timbiquí o Napi que tiene el páramo con frailejón más cercano a la Costa Pacífica. Esta unidad biogeográfica tiene alta afinidad con el Nudo de los Pastos y el Macizo Colombiano y constituye una franja altitudinal a lo largo del trecho más corto entre la costa Pacífica, el páramo y el cerro Plateado en Timbiquí, que forma transectos ecológicos⁶. Esta ubicación estratégica constituye uno de los factores esenciales para su inclusión dentro de la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico.

⁵ <http://cuencaanchicaya.tripod.com/>

⁶ Esquema de ordenamiento territorial de Argelia, Cauca.

Esta cuenca es actualmente una de las vías de conexión fluvial más importante entre los municipios de la costa caucana (Guapí, Timbiquí y López de Micay), que a su vez están conectados por vías marítimas entre sí y con los puertos de Buenaventura y Tumaco, de ahí que constituya un eje principal de la economía de las comunidades, ya que a través de la red hídrica de la que hace parte, transportan los productos que obtienen de sus actividades productivas más importantes.

El río Guapí además hace parte de una de las ecorregiones naturales del Pacífico⁷, la Ecorregión Naya (NAY), que se extiende desde la desembocadura del río Raposo (Valle del Cauca) hasta la desembocadura del brazo suroccidental del río Guapí (límite entre Nariño y Cauca), y comprende una amplia llanura aluvial costera irrigada por numerosos ríos (Cajambre, Yurumanqui, Naya, San Juan de Micay, Guapí), que configuran una serie de bocanas y esteros de morfología muy dinámica en la que la formación y evolución de islas-barrera son un rasgo característico. Los manglares alcanzan en esta ecorregión un desarrollo importante. La plataforma continental en esta zona presenta su máxima amplitud en el Pacífico colombiano, y sus fondos son objeto de una intensa actividad pesquera por parte de las flotas camaroneras (Invemar, 2002).

Lo anterior muestra una clara diversidad de ecosistemas conectados a través del cauce del río Guapí, que a su vez está ligado a ecosistemas marinos por su conexión con el océano, características que lo muestran como un corredor de alta biodiversidad, que a su vez juega un papel muy importante para el desarrollo económico de las comunidades de los municipios de su área de influencia. Al igual que otras fuentes de la estructura ecológica principal, se encuentra expuesto a los impactos generados por las actividades extractivas como pesca mecanizada y aprovechamiento de madera en los bosques contiguos.

• Río Iscuandé

El río Iscuandé fue incluido dentro de la estructura ecológica principal gracias a que se ubica en la Costa Pacífica noroccidental de Colombia, en el departamento de Nariño, en límites con el departamento del Cauca. Su delta es una zona de islas que se han formado gracias a los sedimentos depositados aquí por el mismo río. La zona alberga ambientes costeros como playas arenosas, planos lodosos y manglares. La mayoría de estos ambientes son importantes para aves acuáticas, especialmente para aves marinas y playeras que los utilizan como sitios de descanso o reproducción. El delta del río Iscuandé hace parte de la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Sanquianga, un área de 89.000 hectáreas protegida por el gobierno colombiano y que alberga los manglares mejor conservados de esta parte del Pacífico. El clima en toda la región es húmedo tropical, con precipitaciones que alcanzan los 7.000 mm al año.

Se calcula que este sitio es usado anualmente por unos 50.000 individuos de aves playeras, aquí se ha contado hasta el 25% de la población continental del chorlitejo piquigruoso (*Charadrius wilsonia*) y el 1% de la población hemisférica del andarrios maculado (*Actitis macularia*). La zona tiene una importancia estratégica para la pesca del camarón (la principal actividad económica de la zona) y para la captura de peces que son usados en la fabricación de la harina de pescado. Es importante resaltar que en el segundo semestre del año estas playas sirven de sitio de desove a las tortugas marinas (*Lepidochelis olivacea*), especie en peligro de extinción en todo el continente. Junto al Delta del río Iscuandé, están ubicadas las poblaciones de Juanchillo y Ensenada, dos asentamientos humanos en donde viven unas 500 personas que derivan su sustento de la pesca del camarón y la captura de un bivalvo del manglar (conocido localmente como "Piangua")⁸. De ahí que el ingreso per cápita de los pobladores dependa de los recursos naturales que obtienen del río y los ecosistemas de su área de influencia.

De otro lado, la bocana del río Iscuandé fue declarada después de investigaciones biológicas, como un sitio de importancia para la conservación de aves playeras en Colombia, ya que la zona cuenta con una extensión de 4.000 ha, conformadas por bajos intermareales, playas arenosas, zona de manglar que colindan con el PNN Sanquianga. Este sitio es usado por más de

⁷ <http://www.invemar.org.co/noticias.jsp?id=182&pagina=2&idcat=107>

⁸ <http://www.whsrn.org/es/perfil-de-sitio/delta-del-rio-iscuande>

50.000 aves playeras al año y se han registrado 22 especies diferentes de ellas. Ahí se concentran por lo menos el 6% de la población hemisférica de chorlito piquigruoso (*Charadrius wilsonia*) y el 1,1% del playero occidental (*Calidris mauri*), ambas especies de interés internacional debido a la declinación de sus poblaciones en las últimas décadas. Dentro de las categorías de conservación de la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (RHRAP) este sitio se considera de importancia regional, debido al papel que juega en la migración de estas especies y al tamaño de las poblaciones de aves playeras registradas hasta la fecha⁹. Lo que justifica la integración de esta cuenca a la estructura ecológica principal de la región.

• Río Patía

La cuenca del alto río Patía es uno de los lugares más contrastantes en términos de ecosistemas que se encuentra en la región Andina del país. Presenta influencia del Macizo Colombiano, del enclave subxerofítico establecido en la porción más baja del valle alto del río Patía y de la cordillera Occidental caucana (Ramírez, Ayerbe & Mejía, 2010). Motivos que lo caracterizan como un área de alto interés biológico por dichos contrastes, resultantes de la función de corredor que ejerce en la zona. No obstante, existen reportes de que los paisajes de este sector interandino han sufrido una fuerte presión causada por la ganadería extensiva en todo el valle alto del Patía, y por la expansión de la frontera agrícola y ganadera en los sectores andinos de esta cuenca, así como por la actividad minera que se desarrolla en ciertos cerros cercanos (Ramírez, Ayerbe & Mejía, 2010), como resultado de la fuerte presión mencionada que sufren los ecosistemas Andinos de su área de influencia y de la amenaza constante a la que son sometidos, la cuenca del río Patía es considerada como uno de los ecosistemas más amenazados y prioritarios para la conservación (Olson & Dinerstein, 1997), razón por la cual se incluye dentro de la Estructura Ecológica Principal, teniendo en cuenta además la función ecológica que cumple y la importancia de su mantenimiento para que las comunidades de la zona logren su sustento mediante el aprovechamiento de los bienes y servicios ambientales que ofrece.

La cuenca del río Patía tiene un área de 10.384,03 km², se localiza al oeste de Colombia; es el más largo del litoral Pacífico colombiano y se extiende a lo largo de 400 km de recorrido, de los cuales los últimos 90 km son navegables. En su recorrido que abarca los departamentos de Cauca y Nariño, alcanza una longitud aproximada de 360 km y su hoya hidrográfica cubre una extensión cercana a los 2.4000 km² (IGAC, 1980), por lo cual es considerado el segundo río más caudaloso del litoral Pacífico colombiano y el primero en extensión de la cuenca (IGAC, 1980). Las cuencas alta y media que drenan los valles interandinos entre Popayán y Tulcán quedaron aisladas de la cuenca baja por el levantamiento paulatino de la cordillera Occidental en la zona encañonada conocida como Hoz de Minamá, que constituye una barrera para la migración de muchas de las especies (Ortega-Lara 2004a). Posteriormente atraviesa la planicie del Pacífico nariñense y desemboca en el Océano Pacífico, formando un amplio delta de una extensión aproximada de 5.000 km² (IGAC, 1980).

5.3.3 Componente cultural

5.3.3.1 Definición del subcriterio de identidad

La estructura ecológica principal de la región del Chocó Biogeográfico según el subcriterio de identidad incluye sitios que por la presencia de elementos propios de la cultura, permiten el fomento del arraigo territorial y la conservación de prácticas tradicionales de uso de los recursos naturales (cementeros indígenas, sitios cimarrónicos, sitios arqueológicos, farmacias naturales, sitios sagrados, etc.)

⁹ http://www.wwf.org.co/sala_redaccion/noticias/?158161/Declarado-primer-Sitio-de-Importancia-para-la-Conservacion-de-Aves-Playeras-en-Colombia

5.3.3.2 Descripción de la estructura según el criterio de cultura

El desarrollo cultural de los asentamientos indígenas y afropacífico generaron una relación con los ecosistemas que llegaron a impregnar dinámicas propias interrelacionadas con las culturas, las cuales ameritan ser consideradas en una categoría de protección a fin de preservar valores de biodiversidad, de dinámicas ecológicas, ecosistémicas y tradición de la huella antrópica en la naturaleza. Se identifican al menos dos tipos de escenarios que ameritan incluirse en la estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico: Los sitios sagrados o de valor étnico y los lugares con vestigios culturales pre y coloniales.

Los sitios sagrados y de valor étnico son escenarios de poco reconocimiento en la literatura, ordinariamente se reconocen en las tradiciones indígenas y en las afropacífico, y se mantiene mucho misterio en torno a ellos de tal manera que prefieren no mencionarlos a fin de evitar verse involucrados en los episodios de “encantamiento” que les rodea. En la última década organizaciones como la OIA y la ASOREWA entre los indígenas y RECOMPAS entre los afropacífico, por intereses de defensa de las tradiciones culturales han dado a conocer algunos de ellos tales como:

- **Usakira o caraeperro.** El cual es considerado un “jaikatuma” o cerro sagrado. Este cerro, considerado “sagrado” por las comunidades Embera que han habitado desde tiempos inmemoriales en sus inmediaciones, aporta la distribución de las especies vegetales y animales que soportan la seguridad alimentaria a más de 1.000 indígenas que habitan dispersos en alrededor de 10 comunidades ubicadas en las cabeceras de los ríos Murindó y Jiguamiandó y en sus afluentes Urada, Tamboral, Bidoquera y Coredó.

Ninguna de las comunidades asentadas en la región aparecen en la cartografía oficial del IGAC, elaborada en escala 1:100.000.

Según los registros de los investigadores desplazados a la zona entre el 9 y el 17 de septiembre de 2010 lo más importante de Usakira para hombres y mujeres Embera de la zona es su significación como “cerro de espíritus”, los cuales protegen a las comunidades y sus individuos de todo tipo de peligro y les aportan los bienes y servicios de multiplicar fauna y flora para los diferentes usos en su vida y bienestar.

Cuentan los pocos indígenas que han tenido la oportunidad de subir a Usakira, pues este cerro es de acceso específico de jaibanás, que allí se encuentran animales nunca visto en otros sitios, plantas de formas particulares, diferentes tipos de luminosidad durante el día y que se sienten ruidos extraños pero agradables que producen entre atracción y temor al tiempo.

- **Chageradó.** Es un cerro considerado sagrado por los Embera Katíos, asentados en comunidades en los alrededores del mismo y que tienen acceso a él a través del departamento del Chocó subiendo por el río Murri o a través de la vía a Frontino y Dabeiba.
- **Tacarcuna.** Es un cerro ubicado en el Darién chocoano, hábitat de diferentes etnias indígenas como Los Cuevas, los Embera y los Tule. Ha sido objeto de diferentes estudios y ubicado como sitio de interés cultural y ecológico por investigaciones auspiciadas por el proyecto Biopacífico, la zonificación ecológica del Pacífico y por el IIAP (IIAP, 2010).
- **Alto del Buey.** Es un cerro considerado sagrado por los Embera Dóbida y a su vez es una reconocida estrella fluvial en donde nacen importantes ríos que vierten sus aguas al Pacífico y otros al Atlántico a través del Atrato, entre ellos: el Bojayá, el Uva y el Napipí, mientras que por la vertiente pacífica nacen el Baudó, el Valle, el Tribugá, Jurubidá, entre otros (IIAP, 2010).

- **Cerro Torrá.** Es un cerro aislado en el que nacen ríos importantes como el Garrapatas. Es circundado por asentamientos históricos como Nóvita, Sipí y San José del Palmar por la parte del Chocó y por la Tola y Bolívar por la parte del Valle del Cauca. Tanto poblaciones indígenas como afropacífico le atribuyen realidades misteriosas que lo hacen meritorio de preservación.
- **El cerro Plateado** es incluido en la estructura ecológica principal de la región ya que a través de generaciones, los habitantes del municipio de Frontino en Antioquia, han mantenido por tradición y en dinámica siempre viva; muchos imaginarios con respecto al cerro Plateado: Símbolo Dominante en la conciencia soñadora de la ciudadanía y que comunica el "Sacramento" de esta tierra; su actividad polisimbólica sustenta la idea de una unidad colectiva, actúa como referente estructural de fundación social y de la propia identidad. El cerro está localizado en el municipio de Frontino, tiene una altura de 3.080 msnm y hace parte de la frontera de la reserva natural denominada "Parque Nacional de Las Orquídeas". El cerro Plateado no es para el ciudadano, un simple cerro con una piedra que en ocasiones brilla "como un faro" en su altura; ofrece además una amplia gama de imágenes en comunicación permanente, colectiva y afectiva, expresada en tradición oral y en un lenguaje de símbolos diversos¹⁰.

Entre los lugares con huella cultural y de importancia ecológica e histórica se pueden citar:

- **Santa María la Antigua del Darién,** ubicada en el municipio de Unguía¹¹.
- **Canal del Cura.** Ubicado en el hoy municipio del Unión Panamericana fue construido en el 1780 y funcionó inicialmente como un "arrastradero" de canoas y posteriormente como un canal de paso entre las aguas que vierten al Pacífico y las que lo hacen al Atlántico. La población más cercana actualmente es El Plan de Raspadura.
- **Nóvita Viejo o Ciudad de Toro.** Fue la primera ubicación de lo que hoy es Nóvita, cabecera municipal del municipio del mismo nombre. Fue centro de asentamiento de familias dueñas de entables mineros esclavistas ubicados en el la parte media del San Juan y Media del Atrato.
- **Puerto Negría.** Se ubica en el Municipio del Medio San Juan, fue un centro de comercialización de esclavos. Tanto este sitio como Santa María cuentan con excavaciones arqueológicas.
- **Alrededores de Barbacoas y Santa Bárbara de Iscuandé en Nariño y de Timbiquí en el Cauca.** Fueron centro de entables mineros durante la colonia y de los pocos que mantienen la huella de la colonia en estas zonas con una intervención antrópica que les particulariza en sus funciones ecológicas. Esta parte tiene argumentación en la historia de los asentamientos que presenta Cesar y que extraigo y presento a continuación tal como aparece, sin cita de fuente.

5.4 Estructura Ecológica Principal del Chocó Biogeográfico

La estructura ecológica principal del Chocó Biogeográfico integra sistemas hídricos, áreas con altos índices de biodiversidad y ecosistemas estratégicos que se conectan estructural y funcionalmente, permitiendo el desarrollo integral de las comunidades asentadas en el territorio, al mismo tiempo integra sitios que las comunidades han mantenido a través del tiempo y que han sido claves en la construcción de la historia de esta región.

¹⁰ <http://frontino.8m.com/literatura.html>

¹¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Santa_María_la_Antigua_del_Darién.

El Chocó Biogeográfico ha sido considerado por muchos autores como uno de los sitios del planeta con mayor diversidad de especies, contiene selvas con los más altos índices de endemismos y especies únicas de esta importante región; esto a su vez propicia la existencia de un sin número de especies y ecosistemas amenazados por acción de las diferentes actividades antrópicas que se han venido practicando en el territorio.

La riqueza de esta región también se encuentra representada por metales como el oro, el platino, los cuales por su valor económico han sido objetos de extracción, causando la degradación de hectáreas de bosque. Otras actividades como la ganadería y la agricultura también han agravado la degradación de gran parte del territorio del Pacífico, por lo tanto se considera que estas áreas deben ser restauradas, para devolver parte de la funcionalidad de estos ecosistemas. A pesar de lo anterior, en el territorio aún existen ecosistemas que no se encuentran dentro de ninguna figura de conservación y las comunidades se han encargado de mantenerlos casi intactos, ya que para estos tienen un valor incalculable.

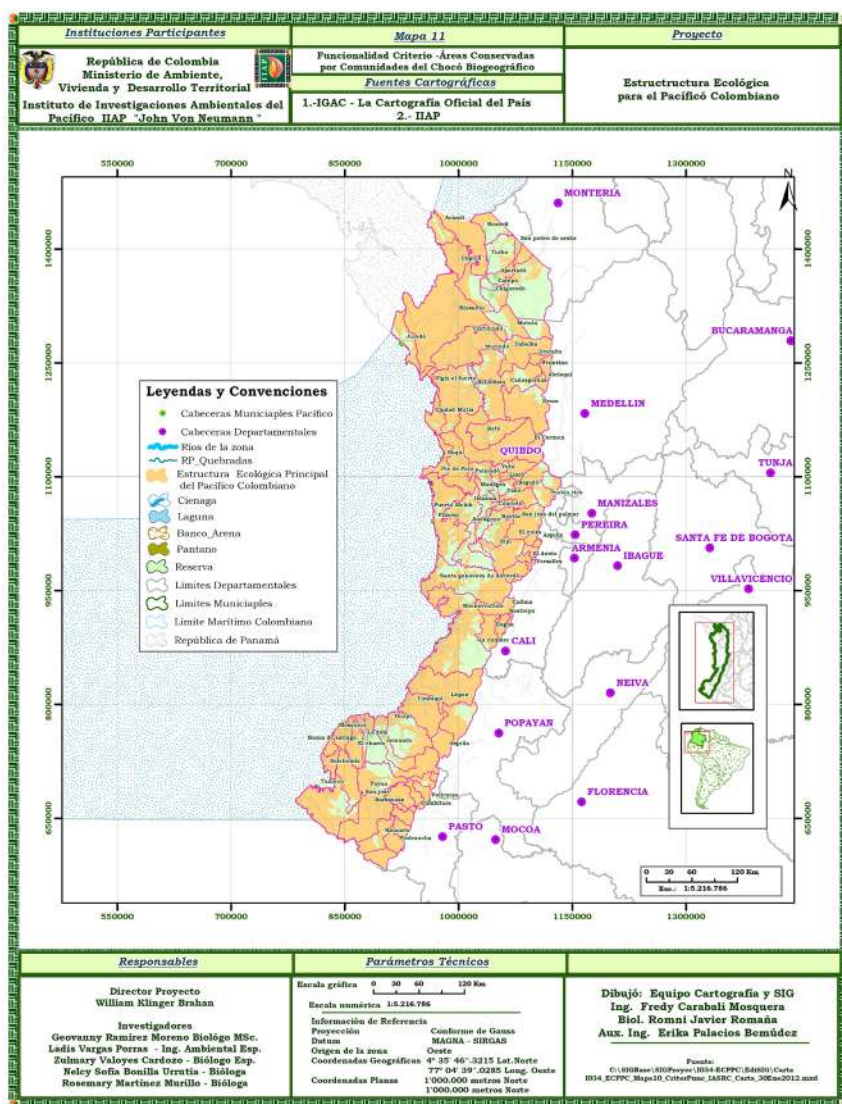
La diversidad hídrica es otro factor importante de la región, sus pueblos, generación tras generación se han asentado en las márgenes de los principales ríos permitiendo que estos se conviertan en el único medio de comunicación entre una comunidad y otra, proporcionando además la única fuente de sostenimiento para sus habitantes. El patrimonio cultural se ve representado por sitios de interés cimarrónico, montañas sagradas, que a los ojos de las comunidades allí asentadas son sitios intocables ya sea por los miembros de las comunidades o por personas foráneas.

Cada una de estas importantes razones permitió conformar una estructura ecológica principal para el Chocó Biogeográfico que abarca un área de 8.435.552,83 hectáreas, dentro de la cual se incluyeron 42 áreas que sustentan la riqueza de especies y ecosistemas, endemismo, especies y ecosistemas amenazados; 10 corredores biológicos que permiten la conectividad de gran parte de la diversidad biológica de la región, 28 áreas degradadas que requieren restauración y 24 ríos que conectan a cada una de las comunidades allí asentadas (Figura 5-10).



Tomada por Germán Sopó Castillo de la subdirección de hidrología del IDEAM.

Figura 5-10. Mapa final de la Estructura Ecológica Principal de la región del Chocó Biogeográfico



5.5 Bibliografía Estructura Ecológica Principal Chocó Biogeográfico

Alcaldía Municipal de Buenaventura (2001). Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Buenaventura. Resumen Ejecutivo. "Convivencia pacífica desde la diversidad". Buenaventura.

Alcaldía Municipal de Cantón de San Pablo (2005b). Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) Municipio del Cantón de San Pablo. Alcaldía Municipal de Cantón de San Pablo. Convenio BID-Plan Pacífico. MADVT, Gobernación del Chocó, UTCH & IIAP.

Alcaldía Municipal de Condoto & IIAP (2005a). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Condoto (EOT).

Alcaldía Municipal de Cumbitara, Concejo Municipal de Cumbitara & INEC. (2002). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Cumbitara. Cumbitara.

Alcaldía Municipal de Itsmina & IIAP. (2005c). Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Itsmina.

Alcaldía Municipal de Murindó (2008). Plan de desarrollo Municipal de Murindó 2008-2011. Murindó Integrado para el Desarrollo. Antioquia. Murindó.

Alcaldía Municipal de Riosucio. (2003). Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Riosucio. Riosucio.

Alcaldía Municipal de San José del Palmar & IIAP. (2001). Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT). San José del Palmar.

Alcaldía Municipal de Sipí & IIAP. (2008). Plan de Desarrollo Municipal de Sipí 2008-2011. Sipí nuevo para todos. Riosucio: IIAP.

Armbrrecht I & H Armbrrecht. (1997). Observaciones sobre la variación Espacial y temporal de hormigas en un bosque del Chocó colombiano (Arusi). Bol. Mus. Ent. Univ. Valle. 5 (2), 15-33.

Bennett, A. (1998). Enlazando el paisaje: el papel de los corredores biológicos y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Gland, Suiza: IUCN.

BirdLife International (28 de diciembre de 2011). BirdLife International. Important Bird Areas factsheet: Enclave Seco del río Dagua. Obtenido de <http://www.birdlife.org> on

Cárdenas López, D. (2003). Inventario florístico en el cerro del Cuchillo, Tapón del Darién colombiano. Caldasia, 25(1), 101-117.

Casas Morroy, O. (2000). Invemar. Recuperado el diciembre de 2011, de http://www.invemar.org/redcosteral/invemar1/docs/EAMC_2000/Invemar_EAMC_2000_06pdf.

Castillo, C. & Johnston, G. R. (2002). Evaluación de los Humedales de las Deltas de los ríos San Juan y Baudó y Ciénagas de Tumarado, Perancho, La Honda y La Rica bajo Atrato- departamento del Chocó. Ministerio del Medio Ambiente de Colombia & WWF— Programa Colombia.

Codechocó, C. a. (2006). Quibdó.

Cogollo, R. C. & Jaramillo, G. G. (2005). Estudio de la estructura y diversidad de tres comunidades de árboles en el delta del río San Juan, Chocó, Colombia. Trabajo presentado como requisito para optar al título de Biólogo. Instituto de Biología, facultad de Ciencias exactas y Naturales. Universidad de Antioquia.

Colorado, C. A. (2011). El Valioso Desconocido. Revista el Mueble y la Madera. Recuperado el diciembre de 2011, de <http://revista-mm.com/ediciones/rev44/art2.htm>

Corpourabá (2002). Zonificación y Ordenamiento de los Manglares del golfo Urabá.

Cortés, A. (1993). Los Suelos. En P. Leiva, Colombia Pacífico (págs. 149-155). Bogotá: Fondo para la protección del medio ambiente, FEN.

Croat, T. (1992). Species diversity of Araceae in Colombia: A preliminary survey. Annals of the Missouri Botanical Garden, 79, 17-28.

Cuesta Ríos, E. Y., Valencia Mazo, J. D. & Jiménez-Ortega, A. M. (2007). Aprovechamiento de los Vertebrados Terrestres por una Comunidad Humana en Bosques Tropicales (Tutunendo Chocó Colombia). *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación biodiversidad y Desarrollo*, 26(2), 27-43.

CVC (2010). *Informe y diagnóstico preliminar. Impactos ambientales cuenca media y baja río Dagua-Buenaventura*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

CVS (2006). *Proyecto Ordenamiento Ambiental Territorial de la Zona Amortiguadora del PNN Paramillo, en la Jurisdicción de los Municipios de Tierralta, Montelibano y Puerto Libertador, departamento de Córdoba*. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge.

CVS & CONIF (2008). *Formulación del plan general de ordenamiento forestal del departamento de Córdoba (PGOF)*. Córdoba, Colombia. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge y la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.

Del Valle & Galeano (1995). Metodología para realizar entresacas en la asociación sajal de los bosques de guandal dellitoral pacífico colombiano. *Interciencia*, 20(3), 149-153.

Del Valle, J. I. (1996). Los Bosques de Guandal del Delta del río Patía (Colombia). En *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(78), 13.

FAO (2002). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.

Forman (1995). *Land Mosaics: the ecology of lanscape and regions*. New York: Cambridge University Press.

Franco, L., Arango J, J. & García, D. (s.f). *Herederos del planeta*. Corporación Serraniagua, AICA.

Galeano G. (2002). Estructura, riqueza y composición de plantas leñosas en el golfo de Tribugá, Chocó-Colombia. *Caldasia*. 23 (11), 2-11.

Gentry, A. (1978). *The agaves of Baja California*. Occasional Papers of the California Academy of Sciences No 130.

Gentry, A. (1993). Riqueza de especies y composición florística, en *Colombia Pacífico*. Bogotá: FEN Fondo Económico Nacional Colombia.

Gentry, F. L. (1991). *The structure and diversity of rainforest at bajo Calima, Chocó westem Colombia*. *Biotrópica*, 2-11.

Giraldo, J. A. & Del Valle, J. I. (2011). Estudio del crecimiento de *Prioria copaífera* (Caesalpinaceae) mediante técnicas dendrocronológicas. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1813-1831.

Gómez, N. (2008). *Conservación del Enclave Subxerofítico del río Dagua, un reto para la comunidad del Valle del Cauca, Colombia*. III Congreso Internacional de Ecosistemas Secos. "Experiencias y Estrategias para su Conservación y Manejo". Libro de Resúmenes, Santa Marta.

Grajales, D., Palacios, H., Echeverry, C. & Gil, P. (2003). *Composición y Estructura de una comunidad de Anuros en áreas con diferentes grados de intervención antrópica en Salero, Unión Panamericana, Chocó*. En Y. R. García F., *Diversidad biológica de un bosque pluvial tropical*. Bogotá: Guadalupe.

Hernández, J. (1992). *Caracterización geográfica de Colombia*. En G. Halffter, *Acta zoológica mexicana* (págs. 45-43). Xalapa.

IAvH (2011). *Instituto de investigaciones de recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Recuperado el 2011, de www.humboldt.org.co

IGAC (1980). *Diccionario Geográfico de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Investigación y Divulgación Geográfica. División de Difusión y Enseñanza Geográfica.

IGAC (2006). *Chocó características geográficas*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IIAP (2010). *Zonificación de la reserva forestal del Pacífico*. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, Quibdó.

IIAP & Codechocó (2010). *Caracterización Ecológica de Ecosistemas Aislados de la cordillera Occidental cerro Galápagos, cerro de Tacarcuna y alto del Buey*. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico & Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó, Quibdó.

IIAP & MAVDT (2008). *Inventario, Priorización y Caracterización de las Ciénagas del Municipio del medio Atrato, Chocó*. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

INV & UTCH (2005). *Estudio de impacto Ambiental y Consulta previa. Conexión terrestre Animas Nuquí*. Instituto Nacional de Vías-Universidad Tecnológica del Chocó, Nuquí.

Invemar (2002). *Ecorregiones naturales del Pacífico*. Recuperado el 20 de 12 de 2011, de <http://www.invemar.org.co/noticias.jsp?id=182&pagina=2&idcat=107>.

Invemar, CRC & Corponariño (2006). *Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial del Sur: Caracterización, Diagnóstico Integrado y Zonificación Ambiental*. Santa Marta: A. López. Invemar-CRC-Corponariño.

Jiménez, A., Muñoz, J., Gil, N., González, A. & Secaída, O. (2003). *Quirópteros, una fauna especial en la parcela permanente de investigación en biodiversidad (PPIB) en Salero, Unión Panamericana, Chocó*. En F. García, Y. A. Ramos Palacios, J. Palacios Lloreda, J. E. Arroyo Valencia, A. Mena Marmolejo, M. González Anaya, F. García Cossio, Y. A. Ramos Palacios, J. Palacios Lloreda, J. E. Arroyo Valencia, A. Mena Marmolejo & M. González Anaya (Edits.), *Salero Diversidad biológica de un bosque pluvial tropical (bp-T)*. Bogotá: Guadalupe Ltda.

Kappelle, M., Van Vuuren, M. M. & Bass, P. (1999). *Effects of climate change on biodiversity: A review and identification of key research issues*. *Biodiversity and conservation*, 8, 1383-1397.

Machado, M., Peña, S., Gil, N. & Peña, M. (2003). *Estructura numérica de la comunidad de Aves del orden Passeriformes en un bosque con diferentes grados de intervención antrópica en salero, Unión Panamericana, Chocó*. Bogotá: Guadalupe Ltda.

Mantilla Meluk, H. & Jiménez Ortega, A. M. (2006). Estado de conservación y algunas consideraciones biogeográficas sobre la quiroptero fauna del Chocó biogeográfico colombiano. *Revista Universidad Tecnológica del Chocó*, 25, 10-17.

Mejía, R. & Pino, N. (2009). Diversidad de Orquídeas Epífitas en un Bosque Húmedo Tropical (Bh-) del departamento del Chocó. *Revista virtual*. www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/.../9377/16903.

Ministerio de Minas y Energía (2009). *Evaluación Ambiental Estratégica del Distrito Minero de San Juan*. Recuperado el 12 de 2011, de <http://www.districtosmineros.gov.co>.

Mojica, J. I., Castellanos, C., Usma, J. S. & Álvarez, R. (2002). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. La serie de libros Rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente.

Mora, M., Bernal, R., Croat, T. & Jacomé, J. (2006). A phytogeographic Analysis of Araceae of cabo Corrientes (Chocó, Colombia) and Comparable Owl and Tropical American Floras. *Ann. Missouri Bot Gard*. 93, 359-366.

Mosquera, M., Gómez, P. & Bernal, P. (2007). Establecimiento de plantaciones competitivas de palma de aceite en Colombia. Factores a considerar. *Palmas*, 28(3), 37-44.

Myers, N. (1988). Threatened biota: hot spots in tropical forest. *Environmentalists* 8, 1-20.

Naranjo, L. G. (1997). A note on the birds of the Pacific mangroves of Colombia. En B. d. Kjerfve, *Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa* (págs. 64-70). París: Unesco-International Society for Mangrove Ecosystems. Forest Service Department of Agriculture.

Neita, J. C., Pardo, L. C., Quinto, D. & Cuesta, D. (2003). Los Escarabajos Copronecrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae), en la parcela permanente de investigación en biodiversidad (PPIB) en Salero, Unión Panamericana, Chocó. En F. García, Y. A. Ramos Palacios, J. Palacios Lloreda, J. E. Arroyo Valencia, A. Mena Marmolejo & M. González Anaya, *Diversidad biológica de un bosque pluvial tropical (bp-T)*. Bogotá: Guadalupe Ltda.

Noss, R. F. (1987). Corridors in real landscapes: a reply to simberloff and cox en *Conservation Biology*. *Conservation Biology*, 1(2), 159-164.

Olson, D. & Dinerstein, E. (1997). *Global 2000: conserving the world's distinctive ecoregions*. United States of America: WWF-US.

Ortiz & Massiris. (1993). Bases para el ordenamiento territorial. En P. Leyva, *Colombia Pacífico Tomo II*.

Palacios, G. M. & Constantino, L. M. (2006). Diversidad de Lepidópteros Rhopalocera en un Gradiente Altitudinal en la reserva natural el pangan, Nariño, Colombia. *Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural*, 10, 258-278.

PNNC (2004). *Plan Básico de Manejo 2005-2009. Parque Nacional Natural las orquídeas, Medellín (Antioquia)*. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Dirección Territorial Noroccidente, Medellín.

PNNC (2007). *Plan De Manejo 2007 – 2011. Parque Nacional Natural Utria, Medellín (Antioquia)*. Parques Nacionales Naturales De Colombia, Dirección Territorial Noroccidente, Medellín.

- Poveda, M. C., Rojas, P., Rudas, L. & Rangel, J. (2004). *Climas del Chocó biogeográfico de Colombia*. En J. Rangel Ch., *El Chocó biogeográfico: Ambiente Físico*. Tomo: IV. (págs. 39-89). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Proaves (2008). *Estudio y conservación del Paujil Piquiazul Crax Alverti*. Bogotá: Conservación Colombiana N° 4.
- Ramírez Moreno, G. & Galeano, G. (2011). *Comunidades de palmas en dos bosques del Chocó*. *Caldasia*, 33(2), 315- 329.
- Ramírez, G. & Ledezma, R. (2007). *Revista institucional Universidad tecnológica del Chocó*. N°26., 58-65.
- Ramírez, H., Ayerbe, F. & Mejía, O. (2010). *Mamíferos de la Cuenca Alta del río Patía en el departamento del Cauca, Colombia*. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(1), 92-113.
- Ramírez, L. & Urrego, L. (1999). *Cambios de la Vegetación durante el Holoceno reciente en el Delta del río San Juan, Pacífico colombiano. Crónica Forestal y del Medio Ambiente, Notas Divulgativas. Universidad Nacional de Colombia*, 14(1), 16.
- Rangel, O. (2004). *El Chocó biogeográfico: Ambiente físico*. Tomo IV. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional.
- Rentería Moreno, L. E., Rengifo Mosquera, J. T. & Moya Robledo, J. (2007). *Comunidad de reptiles presentes en el sotobosque de la Selva Pluvial Central del departamento del Chocó*. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación biodiversidad y Desarrollo*, 26(2), 23-36.
- Robledo, M. D. (2009). *Implementación de estudio base para especies forestales amenazadas, en el municipio de alto Baudó, departamento del Chocó, Colombia*. *Bioetnia*, 6(2), 82-92.
- Rodríguez, G. (2010). *Revelión. Comunidades indígenas Embera defienden su vida de proyecto minero*.
- Sánchez Paéz, H., Ulloa Delgado, G., Álvarez León, R., Gil Torres, W., Sánchez Alferez, A. S., Guevara Mancera, O. A., y otros (2000). *Hacia la restauración de los manglares del Caribe de Colombia*. En G. U.-D.-L. H. Sánchez-Páez, *Minambiente Acofore-OIMT* (pág. 350).
- Sánchez & Mesa (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Carmen de Atrato.
- Schelha, J. & Greenberg, R. (1996). *The value of forest patches. In Forest patches in tropical landscape*. Island press. Washington.
- Silverstone Sopkin, P. & Ramos Pérez, J. (1995). *Floristic exploration and phytogeography of the cerro del Torrá, Chocó, Colombia*. En S. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J. Luteyn, *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*. The New York botanical garden (págs. 169-186). New York.
- Villalba M, J. C. (25 de mayo de 2008). *Los Manglares en el mundo y en Colombia estudio descriptivo y básico*. Recuperado en diciembre de 2011, de Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias Geográficas: www.sogeocol.edu.co.

6. Estado de los ecosistemas y de la biodiversidad de la Amazonía



Mapa de Indicadores sobre Estado de los Ecosistemas y de la Biodiversidad de la Amazonía

Indicador	Descripción
Registros. Sistemas taxonómicos y clasificatorios	Número de registros/departamento
	Número de especies vegetales/Nivel taxonómico o departamento.
	Número de especies vegetales susceptibles a uso/ Nivel taxonómico o tipo de uso, número de especies vegetales-nivel taxonómico/Enclaves geológicos amazónicos, niveles taxonómico vegetales/ Nivel de amenaza, número de especies vegetales introducidas/Nivel taxonómico, porcentaje de especies introducidas/Región de origen, número de especies-nivel taxonómico /nivel de invasión.
Calidad del hábitat	Óptima, subóptima, marginal y pobre.
Calidad fisicoquímica de las aguas continentales amazónicas	pH, conductividad, oxígeno disuelto, transparencia, Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/L), Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L), concentración de coliformes fecales (CF NMP/100) y coliformes totales (CT NMP/100), concentraciones de mercurio (mg/L), detención de residuos de plaguicidas organoclorados y orgafofosatos (mg/L).
Biota acuática	Microalgas (Perifiton): densidad relativa nivel taxonómico/ total de perifiton, grupo de microalgas/relación de riqueza. Macroinvertebrados: número de individuos, número de individuos/nivel taxonómico.
Especies en las listas rojas	Nivel taxonómico/ nivel de extinción, nivel taxonómico/abundancia, número de individuos-nivel taxonómico/nuevos reportes- departamento.
Captura de peces comerciales en la Amazonía	Número de especies de peces comercializadas
	Indicador Captura peces comerciales debajo talla mínima reglamentaria (TMC): Porcentaje de la extracción global de peces comerciales por debajo TMC -Período /Cuenca.
Estado del inventario de microorganismos en suelos de la Amazonía colombiana	Identificación de microorganismos asociados a los principales ciclos biogeoquímicos del suelo (carbono, nitrógeno y fósforo): número de niveles taxonómicos de microorganismos/ ciclos biogeoquímicos.
	Inventario de microorganismos por herramientas moleculares: número de niveles taxonómicos identificados.

6.1 Estado del conocimiento, uso y conservación de la flora en la Amazonía colombiana

(Autores: Dairon Cárdenas López, Nicolás Castaño Arboleda, Sonia Mireya Súa Tunjano - Instituto Sinchi).

La región Amazónica es la superficie boscosa más extensa del mundo y abarca gran parte de la biodiversidad global, siendo reconocido por el Fondo Mundial para la Naturaleza que las áreas cercanas al piedemonte de los Andes sobresalen por su extraordinaria diversidad (Dinerstein, y otros, 1995). Estas áreas pertenecen a la ecorregión de los bosques húmedos del río Napo, la cual comprende territorio de Perú, Ecuador y Colombia.

En Colombia, la Amazonía es una de las regiones biogeográficas con mayor diversidad de especies, estimándose que más del 50% de las formas vivientes del país están representadas allí (Hernández J., 1984). Desafortunadamente, en la actualidad la región presenta fuertes niveles de intervención, degradación y fragmentación del hábitat, ocasionados por los acelerados procesos de colonización producidos por la extracción de hidrocarburos, la creación de vías y las actividades extractivas de productos del bosque, principalmente en la zona de piedemonte.

El desconocimiento de la diversidad florística y los procesos de transformación de las coberturas vegetales naturales de la Amazonía colombiana, son los principales factores que generan un uso inadecuado del recurso y la pérdida de la diversidad biológica y cultural. En este contexto, se requiere intensificar el conocimiento y caracterización de los bosques, identificar y valorar las especies vegetales promisorias y rescatar el saber tradicional de las comunidades de la región. De igual forma, un mejor y más profundo conocimiento de la riqueza biológica permitirá abordar aspectos como el diseño de programas para el manejo integral de los recursos, la formulación de planes de ordenamiento territorial, el monitoreo y restauración de ecosistemas, y evaluar la dinámicas ecológicas a largo plazo en cada una de las ecorregiones estratégicas de la Amazonía colombiana.

6.1.1 Colecciones biológicas de la Amazonía colombiana

Para la Amazonía colombiana se tienen 74.448 registros de plantas en el Herbario Amazónico Colombiano, donde los departamentos mejor estudiados son Amazonas y Caquetá (Figura 6-1 y Figura 6-2) e igualmente, son los departamentos que registran un mayor número de especies, seguidos de Vaupés y Guaviare (Tabla 6-1).

Figura 6-1. Distribución de colecciones de plantas del Herbario Amazónico Colombiano (COAH)

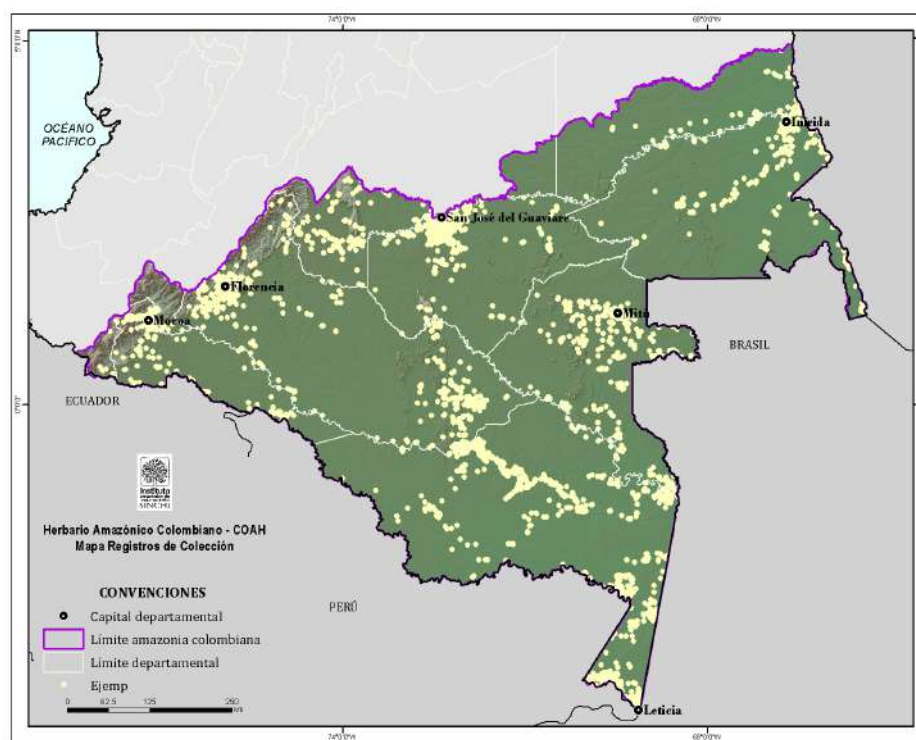


Figura 6-2. Porcentaje de registros en COAH por departamentos

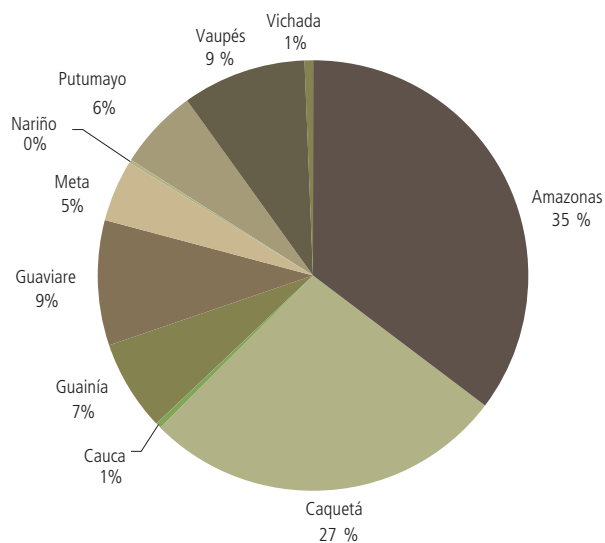


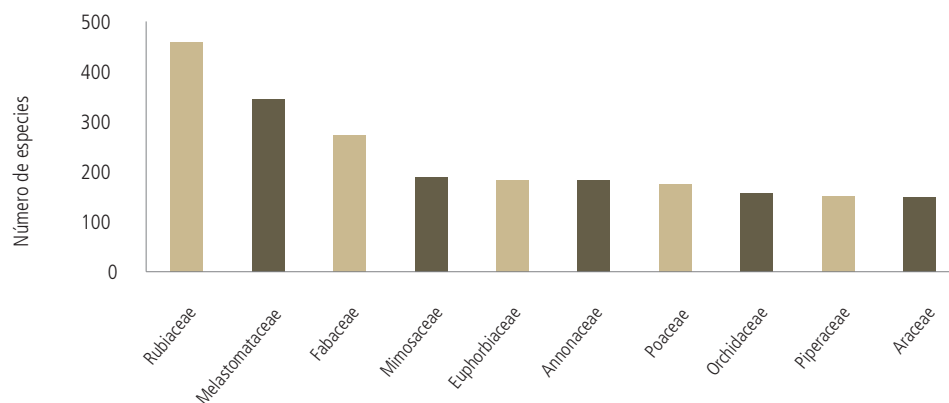
Tabla 6-1. Número de colecciones, familias, géneros y especies por departamento en COAH

Departamento	Número de Colecciones	Familias	Género	Especie
Amazonas	26.287	186	1.091	3.724
Caquetá	20.267	195	1.120	3.397
Cauca	310	78	171	230
Guainía	5.059	140	610	1.427
Guaviare	7.000	163	763	1.688
Meta	3.443	152	703	1.347
Nariño	170	51	93	105
Putumayo	4.527	177	761	1.622
Vaupés	6.909	160	738	1.928
Vichada	476	88	201	205
TOTALES	74.448			

6.1.2 Diversidad florística de la Amazonía colombiana

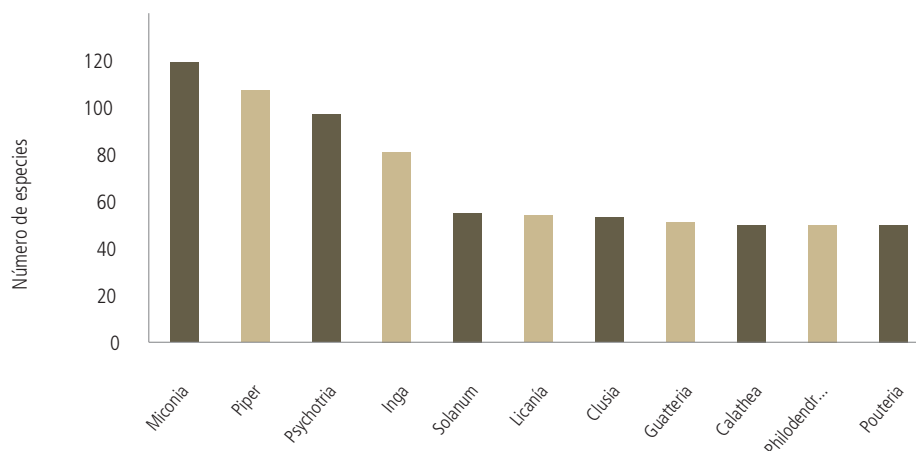
Para la región Amazónica se tiene reportadas 7.061 especie de plantas vasculares, representadas en 225 familias y 1.579 géneros. Las familias más diversas son Rubiaceae con 459 especies, seguida de Melastomataceae con 344 y Fabaceae con 272 (Figura 6-3). Las 10 familias más diversas agrupan el 32 % (2.264 especies), mientras que 36 familias están representadas por una sola especie.

Figura 6-3. Familias de plantas vasculares más diversas en la Amazonía colombiana



Los géneros más diversos son *Miconia* con 119 especies, seguido de *Piper* con 107 y *Psychotria* con 97 (Figura 6-4), los 10 géneros más diversos agregan el 11% (767) de las especies; mientras que 683 géneros están representados por una sola especie.

Figura 6-4. Géneros de plantas vasculares más diversos en la región Amazónica



Las plantas no vasculares, correspondientes a líquenes y briófitos (musgos y hepáticas), se han encontrado 315 especies, representadas en 150 géneros y 69 familias. En líquenes se han encontrado 170 especies, 65 géneros y 29 familias donde las familias más diversas son Pilocarpaceae (10 géneros - 22 especies) y Gomphillaceae (7 géneros - 19 especies). Los géneros con el mayor número de especies son: *Cladonia* (17 especies), *Strigula* (10) y *Mazosia* (10). En musgos se registran 88 especies agrupadas en 48 géneros y 25 familias. Entre las familias más ricas en géneros y especies se encuentran: Pilotrichaceae (10 géneros - 20 especies) y Sematophyllaceae (5 géneros - 9 especies); mientras que los géneros más diversos fueron *Syrrhopodon* con 8 especies, seguido de *Fissidens*, *Octoblepharum* y *Callicostella* con 5 cada una. Las hepáticas presentan 57 especies, en

37 géneros y 15 familias. Las familias que tienen el mayor número de géneros y especies son: Lejeuneaceae (17 géneros - 23 especies) y Lepidoziaceae (6 géneros - 15 especies). Entre los géneros que cuentan con el mayor número de especies se destacan: Bazzania con 7 especies, seguido de Micropterygium con 4 especies. Los departamentos mejor estudiados en plantas no vasculares son Amazonas y Caquetá, mientras que Guanía y Meta tiene el menor número de registros (Tabla 6-2).

Tabla 6-2. Número de especies de plantas no vasculares en la Amazonía colombiana

Departamento	Hepáticas	Musgos	Líquenes	Total
Amazonas	45	67	144	256
Caquetá	7	10	112	129
Guainía	2	3	1	6
Guaviare	3	21	4	28
Meta	2	2	3	7
Putumayo	0	3	0	3
Vaupés	31	27	12	70

6.1.3 Especies útiles de la Amazonía colombiana

En la actualidad se tiene reportadas 1.575 especies de plantas útiles distribuidas en 158 familias y 690 géneros, las familias con mayor número de especies útiles son Mimosaceae con 69 especies, Arecaceae (palmas) con 59 y Euphorbiaceae con 58 (Figura 6-5); mientras que los géneros con mayor número de especies útiles son Inga con 33 especies, Piper con 22 y Protium con 21 (Figura 6-6). Del total de especies útiles reportadas a la fecha 269 son especies introducidas a la región Amazónica, provenientes de otros países o otras regiones dentro del territorio nacional (Cárdenas, Castaño A. & Cárdenas Toro, 2011).

Figura 6-5. Familias con mayor número de especies útiles en la Amazonía colombiana

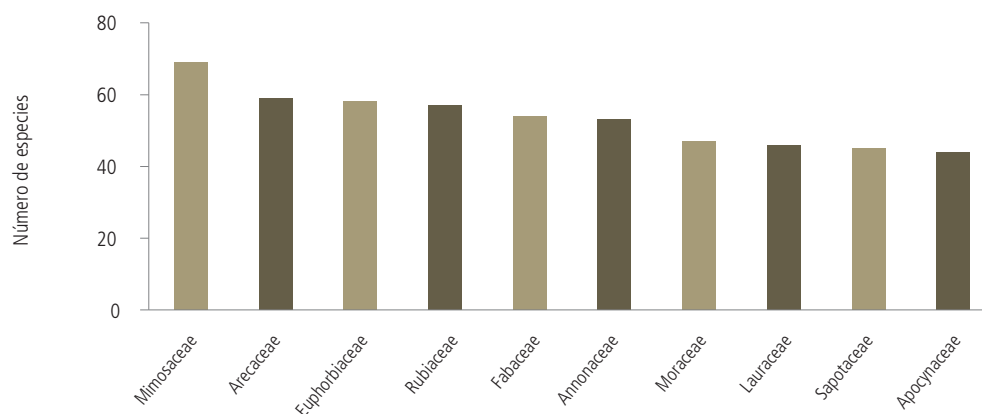
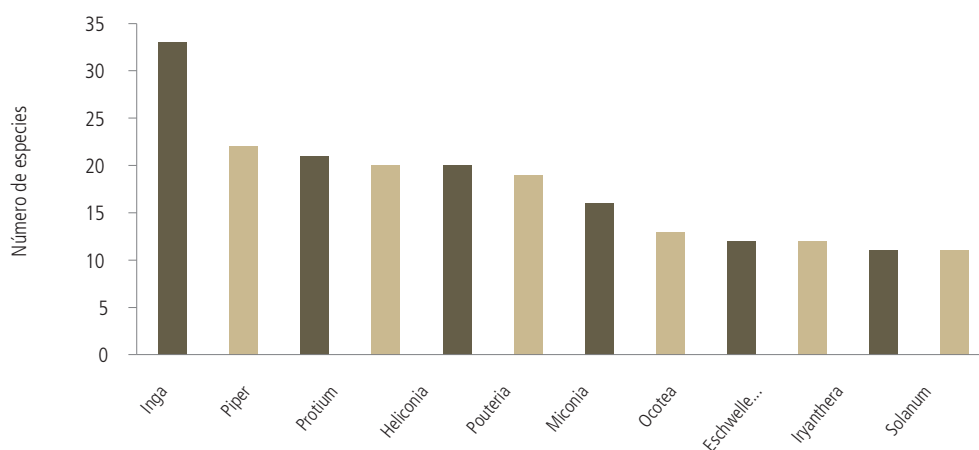
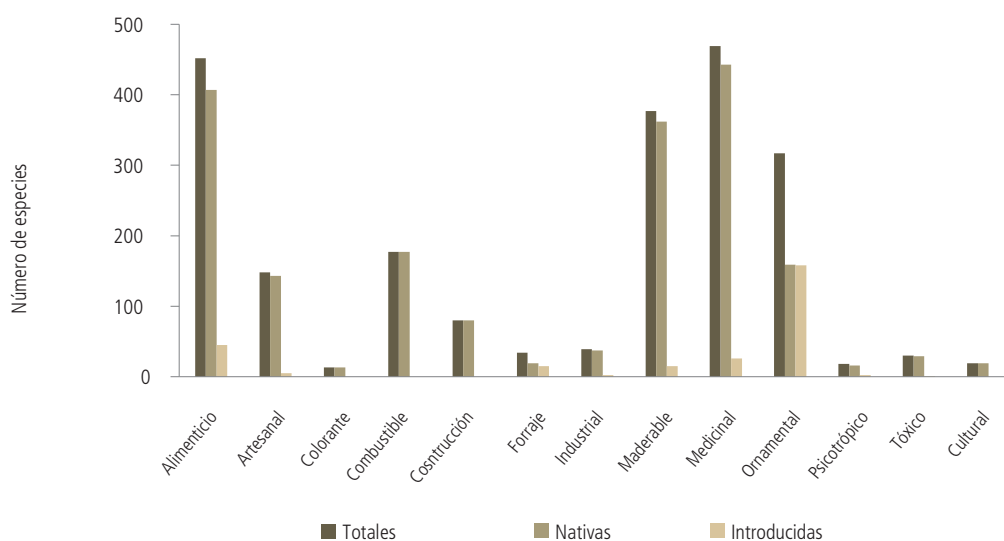


Figura 6-6. Géneros con mayor número de especies útiles en la Amazonía colombiana



Las plantas útiles se han agrupado en 13 categorías de uso, que no son mutuamente excluyentes, de las cuales las plantas medicinales (443) y las alimenticias (407) son las categorías con mayor número de especies (Figura 6-7); mientras que las especies útiles introducidas se concentran en las categorías de ornamental (158) y alimenticia (45).

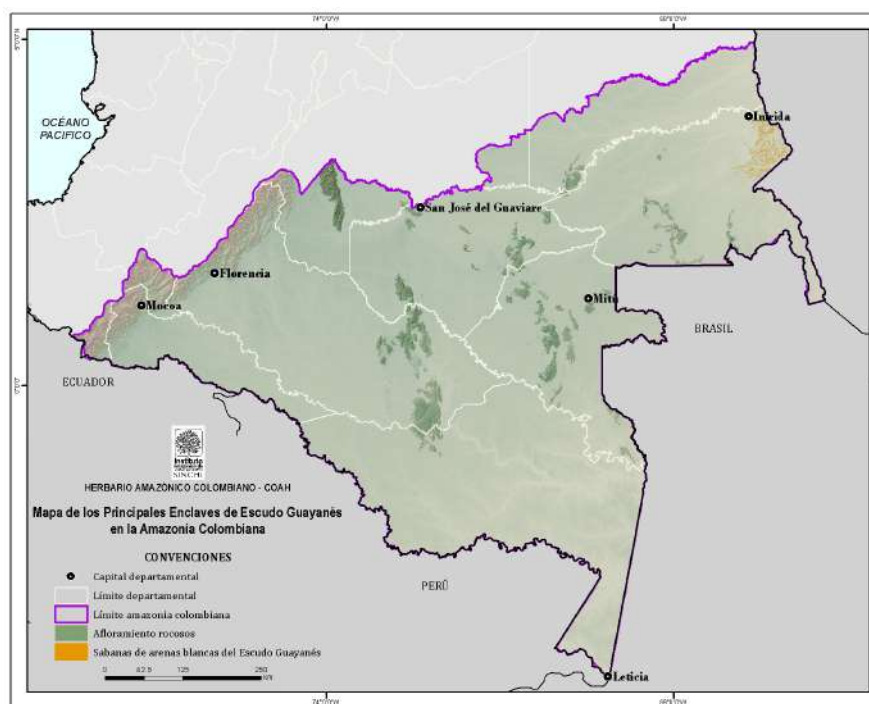
Figura 6-7. Número de especies útiles en la Amazonía colombiana por categoría de uso



6.1.4 Enclaves del Escudo Guayanés en la Amazonía colombiana

Los enclaves del Escudo Guayanés en la Amazonía presentan una flora especial, caracterizada por crecer en suelos muy pobres, en la Amazonía colombiana encontramos dos tipos de enclaves muy bien representados: afloramientos rocosos y sabanas naturales de arenas blancas (sabanas, arbustales y catingas bajas) (Figura 6-8).

Figura 6-8. Mapa de los principales enclaves del escudo guayanés en la Amazonía colombiana



- Afloramientos rocosos



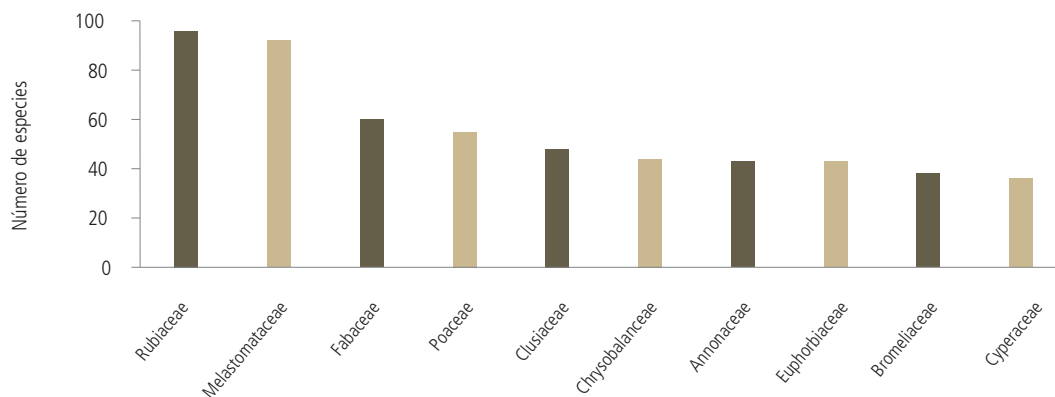
Ejemplos enclaves de formaciones rocosas de la Amazonía colombiana.

Desde el punto de vista geológico estas formaciones corresponden principalmente a rocas del Precámbrico, conocidas como el Escudo Guayanés, el cual ha sufrido diferentes eventos tectónicos y de metamorfismo, y que posteriormente fue cubierto por rocas sedimentarias originadas a partir de procesos de fallamiento y meteorización; igualmente, estas rocas sufrieron otra etapa de metamorfismo, y depositación de sedimentos de tipo fluvial y eólico. Luego, sucedieron diferentes fenómenos geológicos tales como subsidencia, volcanismo, sedimentación, etc., que dieron lugar a la formación de diferentes unidades rocosas que cubrieron el basamento cristalino Precámbrico (Galvis, Hugett & Rugge, 1979).

De los afloramientos rocosos (Figura 6-9) se tiene reportadas 1.602 especies representadas en 612 géneros y 152 familias, e incluye especies que crecen sobre la roca expuesta, así como en las cárcavas que rodean un afloramiento o las

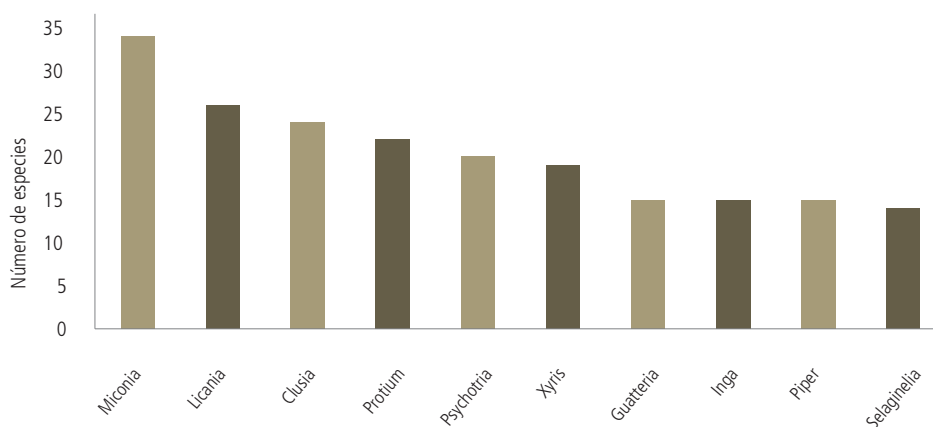
rocas emergentes. Las familias más diversas son Rubiaceae con 96 especies, Melastomataceae con 92 y Fabaceae con 60 (Figura 6-9), en estas formaciones se encuentra la presencia de familias muy características del Escudo Guayanés como Tepuianthaceae, Metaxyaceae, Mayacaceae, Velloziaceae, Xyridaceae, Eriocaulaceae, Rapateaceae, entre las más representativas.

Figura 6-9. Familias más diversas en los afloramientos rocosos de la Amazonía colombiana



Los géneros más diversos en los afloramientos rocosos son Miconia con 34 especies, Licania con 26 y Clusia con 24 (Figura 6-10), se encuentran también géneros muy representativos del escudo Guayanés como Navia (Bromeliaceae), Emmotum (Icacinaeae), Mayaca (Mayacaceae), Metaxya (Metaxyaceae), Araracuara (Rhamnaceae), Tepuianthus (Tepuianthaceae) y Bonnetia (Theaceae), entre otros.

Figura 6-10. Géneros más diversos en los afloramientos rocosos de la Amazonía colombiana



- Sabanas naturales de arenas blancas



Ejemplos de sabanas de arenas blancas en la Amazonía colombiana.

Caracterizado por grandes extensiones de sabanas, arbustales, catingas y bosques bajos (IGAC & CIAF, La Amazonía colombiana y sus recursos, Proyecto Radargramétrico del Amazonas- Proradam, 1979; IGAC, Paisajes fisiográficos de Orinoquía-Amazónica (ORAM), 1999; Hernández, Hurtado, Ortiz & Walshburguer, 1992), que poseen un número importante de especies exclusivas de la región Guayana y una baja diversidad florística. Presenta un relieve plano con influencia de ríos de aguas negras y extensas sabanas de arenas blancas, con afloramiento de algunos domos de particular belleza.

Según Cárdenas y colaboradores (2007), la diversidad florística está constituida por 974 especies, agrupadas en 443 géneros, 122 familias y cuatro divisiones de plantas vasculares (Tabla 6-3), Lycophyta (Raven & Johnson, 1992), Monilophyta (helechos) (Pryer y otros, 2001), Gnetophyta (Bold, 1973) y Magnoliophyta (Cronquist, 1981).

Tabla 6-3. Número de familias y especies por división en las sabanas de arenas blancas en la Amazonía colombiana

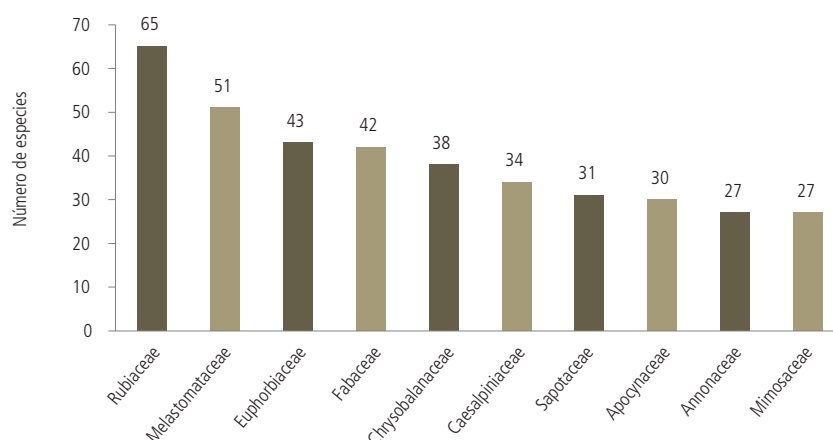
División	Nº. de familias	Nº. de especies
Magnoliophyta	114	962
Monilophyta	5	7
Lycophyta	2	4
Gnetophyta	1	1
Total	122	974

En la división Magnoliophyta se encuentra la clase Magnoliopsida (dicotiledóneas), con 808 especies, 358 géneros y 91 familias. La clase Liliopsida (monocotiledóneas) está representada por 154 especies, 76 géneros y 23 familias.

Las familias con mayor número de especies en la división Magnoliophyta son Rubiaceae con 65, Melastomataceae con 51, Euphorbiaceae con 43 y Fabaceae con 42 especies (Figura 6-11), y de las 10 familias con mayor número de especies en el municipio de Inírida y áreas adyacentes, 6 aparecen en la Orinoquía colombiana entre las 10 familias con mayor diversidad de especies (Quiñonez, 2006). Así mismo, con la flora del vecino país de Venezuela, compartimos cinco familias (Rubiaceae, Melastomataceae, Fabaceae, Cyperaceae y Euphorbiaceae), entre las de mayor número de especies (Huber, y otros, 1998). Se destaca la presencia de dos de las cuatro familias consideradas endémicas de la región biogeográfica de la Guayana, como lo son Tepuianthaceae y Euphroniaceae (Huber y otros, 1998), esta última incluida en el presente trabajo en la familia Vochysiaceae.

En la división Monilophyta (helechos) se registraron las familias Schizaeaceae y Dennstaedtiaceae con dos especies cada una y Cyatheaceae, Hymenophyllaceae y Vittariaceae, todas ellas con una especie.

Figura 6-11. Familias con mayor número de especies en las sabanas de arenas blancas de la Amazonía colombiana



En la división Lycophyta se registran Lycopodiaceae con tres especies y Selaginellaceae con una especie. Finalmente, se encuentra la división Gnetophyta con una familia y una especie.

En total se registraron 443 géneros, donde se destacan Licania (Chrysobalanaceae) con 26 especies, Psychotria (Rubiaceae) con 15, Ocotea (Lauraceae) con 14, Protium (Burseraceae) con 14, Pouteria (Sapotaceae) con 13, Xyris (Xyridaceae) con 12, Byrsonima (Malpighiaceae) con nueve y Guatteria (Annonaceae), Miconia y Tococa (Melastomataceae) con ocho especies cada una.

Las familias con mayor número de géneros se presentan en la Tabla 6-4. y sobresalen Rubiaceae con 24, Fabaceae con 21, Melastomataceae con 19, Euphorbiaceae con 17 y Caesalpiniaceae con 15 especies.

Tabla 6-4. Familias con mayor número de géneros en las sabanas de arenas blancas en la Amazonía colombiana

Familia	Nº. de géneros
Rubiaceae	24
Fabaceae	21
Melastomataceae	19
Euphorbiaceae	17
Apocynaceae	15
Caesalpiniaceae	15
Arecaceae	12
Clusiaceae	10
Cyperaceae	10

Los hábitos presentes en la flora de la región son Árbol, Arbusto, Bejuco, Hierba, Palma y Sufrutice. La Tabla 6-5 presenta el número de especie en los diferentes hábitos, los cuales, como se presentó en los párrafos anteriores, no son mutuamente excluyentes, situación que se presenta en otros bosques tropicales (Jørgensen & León Yáñez, 1999; Vásquez, 1997).

De igual forma, en este estudio se reporta una proporción similar de especies en los principales hábitos a las encontradas en las reservas biológicas de Iquitos, Perú (Vásquez 1997) y en el Parque Amacayacu (Rudas & Prieto, 2005).

Tabla 6-5. Número de especies en los diferentes hábitos en las sabanas de arenas blancas de la Amazonía colombiana

Hábito	Número de especies
Árbol	439
Arbusto	274
Hierba	248
Bejuco	67
Sufrútice	38
Palma	19

En el hábito Árbol, las familias con más especies fueron Rubiaceae y Sapotaceae con 30 cada una; en Arbusto la familia Rubiaceae con 40 y Melastomataceae con 34; en Bejuco la familia Bignoniaceae con 10 y Apocynaceae con 6; en Hierba Cyperaceae con 23 y Xyridaceae con 19; en Sufrútice la familia Apocynaceae con 6 especies y Melastomataceae 3; y finalmente, se encuentran las Palmas (Arecaceae) con 19 especies.

Sin embargo, en algunas especies dependiendo del hábitat donde crecen, el hábito no es claramente definido y en otras se alcanzan a tener hábitos diferentes muy definidos. Así, varias especies se comportan como arbusto, bejuco y sufrútice, tal es el caso de *Clitoria coriacea* (Fabaceae), *Digomphia ceratophora* (Bignoniaceae), *Doliodarpus leiophyllus* y *Doliodarpus paucineris* (Bignoniaceae). Todas estas especies son sufrútices en sabanas abiertas, arbustos en sabanas con matorral y bejuco en sabanas con arbustales o en catingas.

Como árbol, arbusto y sufrútice, se presentan en la zona las siguientes especies *Elaeoluma schomburgkiana* (Sapotaceae), *Humiria balsamifera*, *Humiria wurdackii* (Humiriaceae), *Ocotea esmeraldana* (Lauraceae) y *Ouratea brevipedicellata* (Ochnaceae). Estas especies son sufrútice en sabanas abiertas, arbustos en sabanas con matorral o arbustal y son árboles en las catingas. En el caso de *Macairea lanata* (Melastomataceae), se presenta como hierba en sabanas abiertas mal drenadas, como sufrútice en sabanas abiertas bien drenadas y como arbusto en sabanas con arbustales.

La región Guayana posee un gran número de taxones endémicos, en mayor o menor grado. De las cuatro familias endémicas de la región, se encuentran dos en Inírida: Euphroniaceae y Tepuianthaceae. A nivel genérico, el endemismo de la región Guayana también es muy alto, con 117 géneros, de los cuales se registran 22 para el área de Inírida: *Digomphia* (Bignoniaceae), *Brewcaria*, *Brocchinia* (Bromeliaceae), *Heterostemon* (Caesalpiniaceae), *Aldina* (Fabaceae), *Blepharandra*, *Diacidia* (Malpighiaceae), *Acanthella*, *Pachyloma* (Melastomataceae), *Blastemanthus*, *Poecilandra*, *Tyleria*, *Wallacea* (Ochnaceae), *Guacamaya*, *Schoenoccephalum* (Rapateaceae), *Dendrosipanea*, *Henriquezia*, *Sipaneopsis* (Rubiaceae), *Tepuianthus* (Tepuianthaceae), *Pentamerista* (Tetrameristaceae), *Archytaea* (Theaceae) y *Euphronia* (Vochysiaceae).

6.1.5 Plantas amenazadas en Amazonía colombiana

Diversos autores calculan cerca de 250.000 especies de plantas vasculares sobre en la tierra, siendo Colombia uno de los países con mayor diversidad a nivel global. Sin embargo según declaración del XVI Congreso Internacional de Botánica, 2/3

partes de esa diversidad estará en peligro de extinción durante el siglo XXI, a causa del incremento de la población humana, la deforestación, la destrucción del hábitat, la sobreexplotación y la expansión de la frontera agrícola, entre otras (Instituto Alexander von Humboldt (IAvH); Red Nacional de Jardines Botánicos; Ministerio de Medio Ambiente; Asociación Colombiana de Herbarios, 2001).

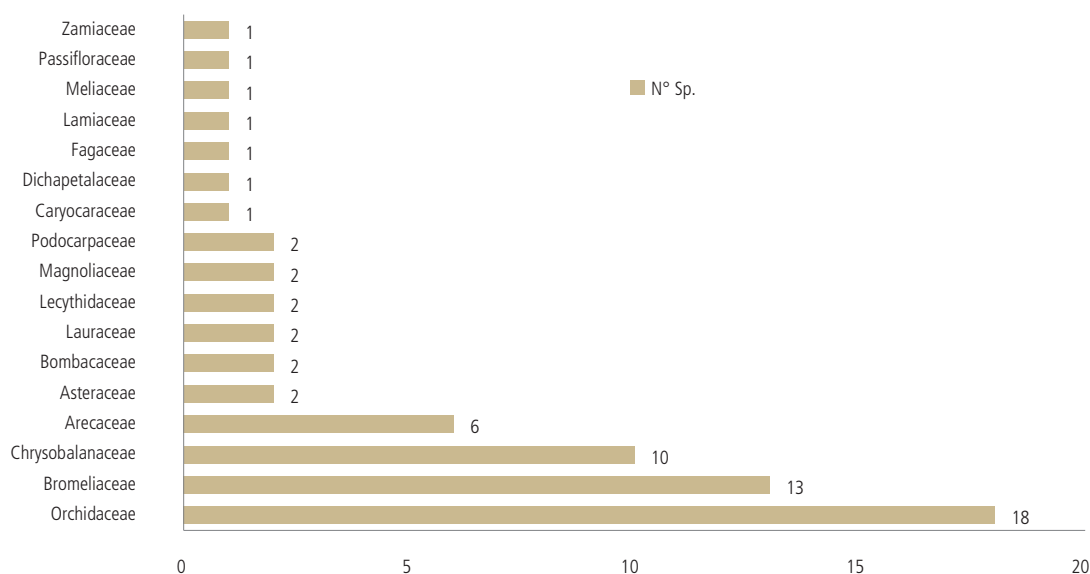
Esta situación ha generado en el marco internacional la construcción de herramientas que apuntan a la conservación de la biodiversidad, tal es el caso del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestre Amenazadas de Extinción (CITES), la Agenda internacional para la conservación en jardines botánicos y la Estrategia global para la conservación de plantas.

En este sentido, en el marco del "Comité Técnico Nacional de Categorización y Coordinador de la Serie Libros Rojos de Colombia" (Resolución 584 de junio 26 de 2002), el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ha estado declarando las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional, tomando como fundamento la información consignada en la serie "Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia" publicados a partir de 2002, lo cual es un instrumento que promueve y orienta las acciones de conservación de las especies.

En tal sentido y considerando que los artículos 8°, 79 y 80 de la Constitución Política señalan que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, fomentar la educación para el logro de estos fines, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; la Resolución No. 383 del 23 de febrero de 2010, declara especies de flora y fauna amenazadas en Colombia.

En ese sentido, existen 66 especies de plantas bajo declaratoria de amenaza agrupadas en 17 familias de plantas vasculares, siendo Orchidaceae la de mayor número de especies con 18, Bromeliaceae con 13, Chrysobalanaceae con 10 y Arecaceae con 6 especies (Figura 6-12).

Figura 6-12. Familias de plantas con reportes de amenaza

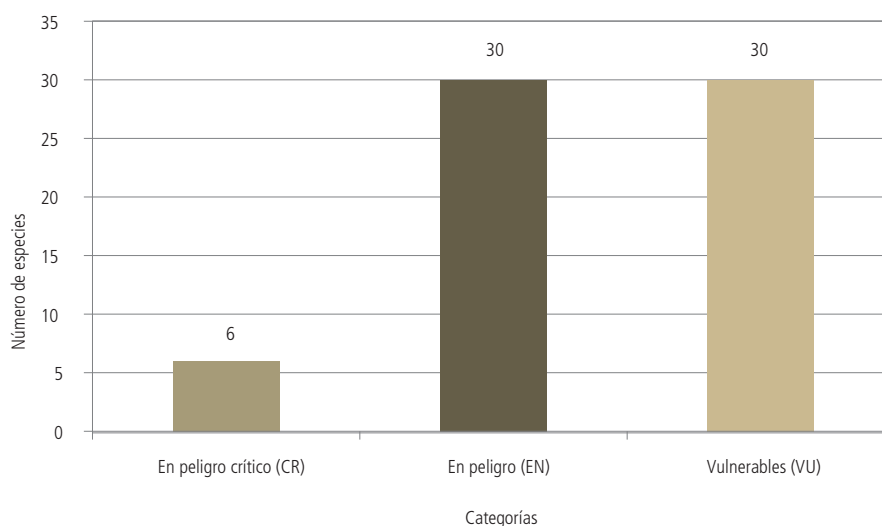


De las 66 especies bajo declaratoria de amenaza, 6 se encuentran En Peligro Crítico (CR), 30 especies En Peligro (EN) y 30 en categoría Vulnerable (VU) (Figura 6-13). Se destaca entre las especies en Peligro Crítico (CR) el palorosa (*Aniba rosaeodora*), sometida a sobreexplotación de sus poblaciones naturales en el pasado, para la producción de aceites en la industria cosmética.

Entre las especies en peligro (EN) sobresale el Cedro (*Cedrela odorata*) maderable fina ampliamente utilizada en la industria del mueble. El cedro ha sido incluido dentro de la categoría en peligro (EN A2cd), ya que de acuerdo a los reportes de las corporaciones cerca del 60% de sus poblaciones se localizan en regiones de explotación intensiva. A partir del 30 de octubre de 2001 Colombia la incluyó en el Apéndice III de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES).

Entre las especies consideradas como Vulnerables (VU), se resalta el caso de dos especies de pinos colombianos (*Podocarpus guatemalensis* y *Podocarpus oleifolius*) y el Samauma (*Ceiba samauma*), todas presionadas por importantes especies maderables.

Figura 6-13. Número de especies amenazadas por categoría de amenaza

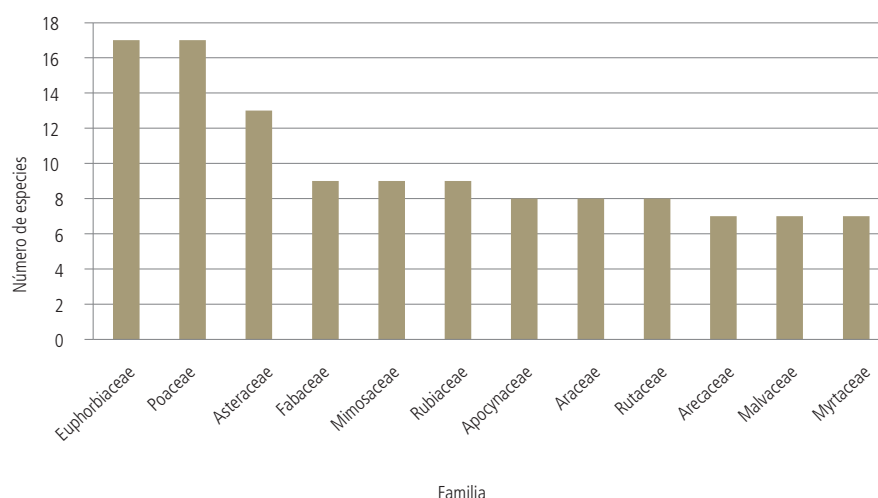


6.1.6 Plantas introducidas a la Amazonía colombiana

En la región Amazónica se tienen registradas 281 especies introducidas, 11 de ellas transplantadas (introducidas) desde otros ecosistemas del territorio colombiano a la región Amazónica, como es el caso del borjón (*Alibertia patinoi*) incorporado desde el Chocó Biogeográfico y el abarco (*Cariniana pyriformis*), originario de los valles interandinos y del Chocó Biogeográfico; otras especies trasplantadas desde el interior del país a la región Amazónica son el samán (*Samanea saman*), el chiminango o gallineral (*Pithecellobium dulce*), el mamoncillo (*Melicoccus bijugatus*), el chirlobirlo (*Tecoma stans*) y el nogal cafetero (*Cordia alliodora*), entre otras (Cárdenas, Castaño A. & Cárdenas Toro, 2011).

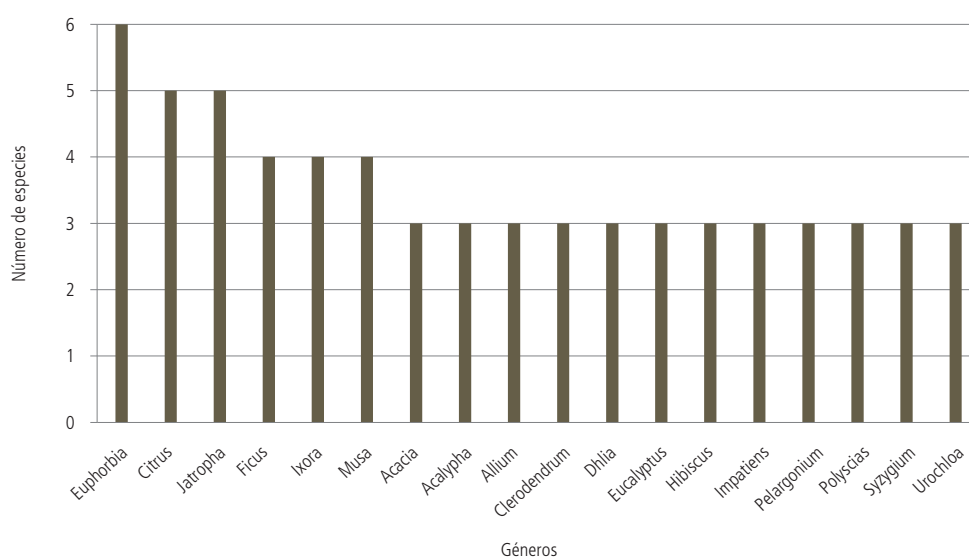
Las 281 especies introducidas a la Amazonía colombiana, se agrupan en 204 géneros y 77 familias. Las familias que presentan un mayor número de especies introducidas son Euphorbiaceae (17 especies), Poaceae (17 especies) y Asteraceae (13 especies) (Figura 6-14), mientras que 28 familias fueron representadas solamente por una especie.

Figura 6-14. Familias con mayor número de especies introducidas en la Amazonía colombiana



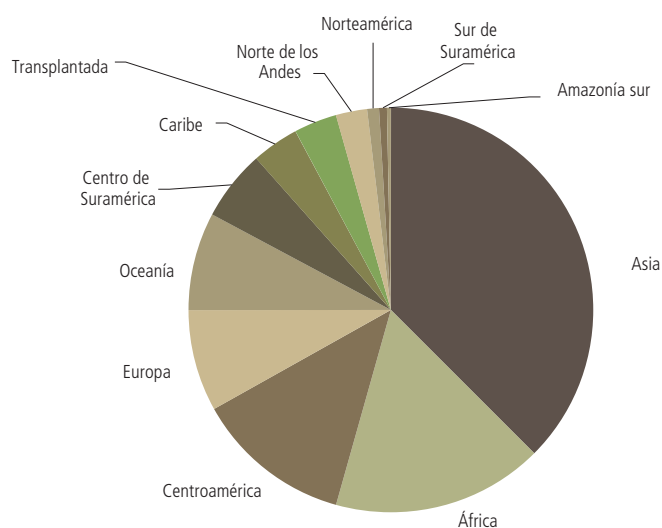
Los géneros que presentaron mayor número de especies introducidas fueron Euphorbia con seis especies, Citrus y Jatropha con cinco especies seguido de Ficus, Ixora y Musa con cuatro especies (Figura 6-15), mientras que 160 géneros estuvieron representados por una sola especie.

Figura 6-15. Géneros con mayor número de especies introducidas en la Amazonía colombiana



Con el fin de distinguir las regiones de origen se diferenciaron 11 regiones de procedencia de las plantas introducidas en la Amazonía colombiana, así como la condición de “trasplantada” para aquellas especies que se encuentran en el territorio nacional pero que su distribución natural no llega a la Amazonía. Estas regiones corresponden, en su mayoría, a los continentes de origen de las especies, o a regiones dentro de los continentes (debido a la necesidad de diferenciar las zonas de origen de cada especie). Asia fue el continente que más especies origina con 120 (43,5%), seguido de África (54 especies, 19,6%) y Centroamérica (40 especies, 14,5%) (Figura 6-16).

Figura 6-16. Porcentaje de especies introducidas a la Amazonía colombiana según las regiones de origen



6.1.7 Plantas invasoras en la Amazonía colombiana

A través de la Herramienta I3N se han evaluado 55 especies, la cual genera tres categorías de riesgo de invasión: alto (A, valores entre 5,01 y 10,0), moderado (M, valores entre 3,01 y 4,0), bajo (B, valores entre 1,0 y 3,0) y requiere mayor análisis (R, para aquellas que tienen un nivel de riesgo entre medio y alto, pero se requiere mayor análisis para definirla como de alto riesgo con valores entre 4,01 y 5,0). Se encontraron 26 especies con alto riesgo de invasión en la región Amazónica (Tabla 6-6).

Tabla 6-6 Especies con alto riesgo de invasión en la región Amazónica a partir de la herramienta de I3N

Familia	Nombre científico	Nombre común	Calificación i3n	Porcentaje de incertidumbre
Arecaceae	<i>Elaeis guineensis</i>	Palma africana	5,82	0
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente león	5,63	3,45
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo	5,15	0
Hydrocharitaceae	<i>Egeria densa</i>	Elodea	6,97	6,9
Hydrocharitaceae	<i>Limnobium laevigatum</i>	Trebol acuatico	5,24	6,9
Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	5,03	0
Pinaceae	<i>Pinus caribaea</i>	Pino caribea	5,45	0
Poaceae	<i>Arundo donax</i>	Caña de castilla	5,35	6,9
Poaceae	<i>Bambus avulgaris</i>	Bambú	5,52	0
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Yaraguá	6,06	0
Poaceae	<i>Imperata brasiliensis</i>	Imperata verde	5,7	0
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	Yaraguá	6,06	0

Familia	Nombre científico	Nombre común	Calificación i3n	Porcentaje de incertidumbre
Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto elefante	6,06	0
Poaceae	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Pasto, caminadora	5,7	0
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i>	Braquiaria	6,06	0
Poaceae	<i>Urochloa decumbens</i>	Braquiaria	6,06	0
Poaceae	<i>Urochloa maxima</i>	Braquiaria	5,7	0
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	Ajenjibre, sanjuanito	5,82	0
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	Buchón de agua	8,07	6,9
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	Lechuga de agua	6,34	6,9
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>	Rabo de zorro	6,84	6,9
Pteridaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho marranero	5,74	6,9
Salvinaceae	<i>Salvinia molesta</i>		5,69	3,45
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma	6,06	0
Poaceae	<i>Gynerium sagittatum</i>	Caña brava	5,19	3,45
Davalliaceae	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	Helecho	5,87	6,9

Fuente: (Cárdenas, Castaño A. & Cárdenas Toro, 2011).

Es importante aclarar que las especies invasoras en la región amazónica no presentan en la actualidad grandes afectaciones en los sistemas naturales o seminaturales, sin embargo basado en el principio de precaución y considerando los cambios climáticos que se están presentando se requiere tener identificadas estas especies y generar alertas tempranas de su impacto.

6.2 Recursos hidrobiológicos y calidad ambiental de humedales amazónicos

(Autores: Marcela Núñez Avellaneda, Edwin Agudelo Córdoba - Instituto Sinchi)

Para la Amazonía colombiana, el agua representa un componente característico del paisaje por sus colores, variedad y magnitud que se manifiesta desde pequeños arroyos de selva, ojos de agua llamados localmente pantanos tipo cananguchal hasta los grandes ríos de origen andino que conforman las cuencas del Amazonas, Putumayo, Caquetá y Guaviare, y lagos de inundación conocidos como cochas, entre otros. En conjunto, estos ecosistemas cumplen funciones de regulación climática, reservorio de carbono, hábitats para forrajeo y reproducción, vías de transporte y comunicación, seguridad alimentaria, recreación, turismo, entre otros. También, se destaca la importancia del recurso agua en la mayor parte de las comunidades indígenas presentes en la región en especial como un elemento simbólico de su origen y su cultura.

Dentro la problemática asociada o que influye directamente en los humedales se encuentra la extracción inadecuada de fauna y flora, alteración del régimen hídrico, deforestación, degradación del suelo, sedimentación, contaminación y reservorio final de efluentes municipales e industriales, entre otros (Gutiérrez, Acosta & Salazar, 2004; Alonso, Camacho, Núñez-Avellaneda & Agudelo, 2009).

En algunos sectores de la Amazonía colombiana (región montañosa de los Andes), la afectación es mucho más fuerte debido a que el modelo de desarrollo tiene como base la estabilización de la colonización, la explotación de los recursos na-

turales, la ganadería extensiva, la expansión de la frontera agrícola y la presencia de cultivos ilícitos, todos procesos que sin duda afectan a los humedales de la cuenca.

Otras problemáticas se refieren al uso de glifosato como insumo para eliminar la producción de la planta de coca en el marco de los programas de erradicación de cultivos ilícitos y respecto a su procesamiento, el uso y desecho de cientos de toneladas de precursores químicos (Tarazona, 2007) están afectando los suelos y los humedales. Finalmente, se suma la minería ilegal, la cual según algunos líderes de la región y representantes institucionales se está convirtiendo en uno de los causantes más importante del deterioro de los humedales en la Amazonía colombiana, no solo por los componentes químicos que se emplean sino también por el dragado de los lechos de los ríos para conseguir el mineral.

Respecto al conocimiento que se tiene sobre estos ecosistemas, uno de los primeros abordajes son los tipos de agua en la Amazonía colombiana, representados en las aguas blancas, las aguas negras (Duque, Ruiz, Gómez & Roessler, 1997; Núñez Avellaneda & Duque, 2001), y las aguas transparentes de piedemonte (Núñez Avellaneda, 2011).

El color tiene una relación directa con la geología del sector donde ellos nacen y además define la carga de nutrientes y otros compuestos que arrastran. La diferencia entonces entre estos ecosistemas está en la productividad que puedan tener, siendo siempre más alta en aguas blancas respecto a las aguas negras y las transparentes del piedemonte. Por esto, una parte importante de los pobladores ribereños de la Amazonía viven en los sistemas de aguas blancas y en las Várzeas o zonas de inundación que estos ríos, donde la pesca es más favorable para su sustento (Fabrè & Alonso, 1998). Es tal la diferencia en la productividad de la Várzea (agua blanca) con el Igapó (agua negra) que los pueblos tienen diferentes culturas y modos de vida (Morán, 1993).

Si bien esta información ha permitido conocer las condiciones limnológicas de los humedales amazónicos, en los últimos años se ha evidenciado la importancia de realizar una valoración integral del ecosistema que dé cuenta de los diferentes grados de intervención que presentan y así mismo sentar las bases para utilizar herramientas que permitan sintetizar información, que también aporte al conocimiento de la biodiversidad y la estructura y dinámica de los ecosistemas, considerando las particularidades de estos ambientes ecuatoriales. Lo anterior con el propósito de diseñar planes de monitoreo y dar las herramientas necesarias para establecer lineamientos de planes de manejo y restauración a nivel local, regional y transfronterizo.

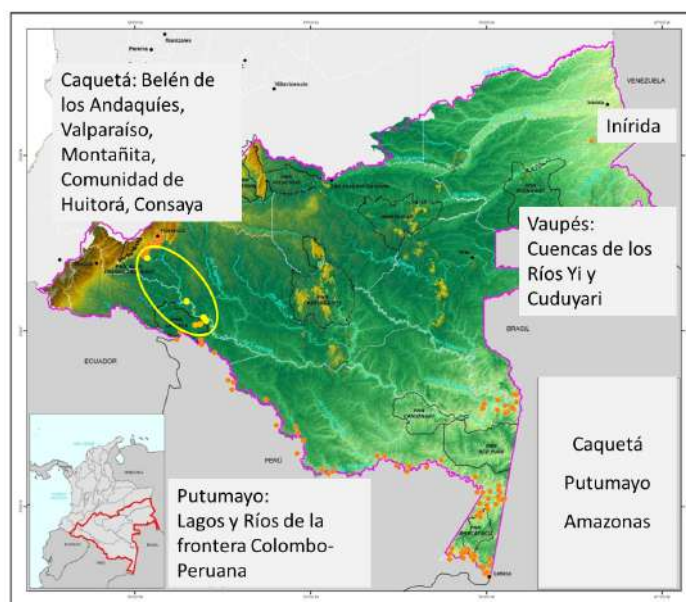
Es así que en la Amazonía colombiana, existen ya algunos estudios científicos que han tenido como objetivo central establecer información primaria y básica de las condiciones actuales de los humedales ubicados en algunos sectores de la cuenca, como son el sur en el Trapecio Amazónico (Solano Figueroa, Rueda Delgado & Núñez-Avellaneda, 2011), sobre el corredor fluvial del río Putumayo (Núñez-Avellaneda, 2005; Agudelo, Alonso & Moya, 2006), algunas cuencas menores ubicadas en sectores cordilleranos del departamento del Caquetá y en cuencas del río Vaupés (Instituto Sinchi, 2010; Instituto Sinchi, 2011).

6.2.1 Área de estudio

Los estudios realizados se han desarrollado en el eje Apaporis-Tabatinga en la frontera colombo brasilera en los ríos Amazonas, Putumayo y Caquetá, y el tramo del PNN Amacayacu: en la ribera colombiana del río Amazonas; en el tramo colombo peruano del río Putumayo; sectores del piedemonte del departamento del Caquetá en las cuencas de los ríos San Pedro, Pescado y Ortegüaza, y en el departamento del Vaupés en las cuencas de los ríos Yi y Cuduyari (Figura 6-17).

Se hace énfasis de los estudios realizados en el Caquetá, Vaupés y el sector del río Amazonas sobre el PNN Amacayacu, de los primeros estudios se tienen varias publicaciones (Núñez Avellaneda & Duque, 2001; Núñez-Avellaneda, 2005; Agudelo, Alonso & Moya, 2006).

Figura 6-17. Área de estudio



6.2.2 Calidad de hábitat

Se refiere a la observación directa en un tramo seleccionado en una cuenca donde se evalúan 10 parámetros a los cuales se les atribuye un puntaje entre 20 a 0 que determinan cuatro categorías de calidad ambiental: Óptima (20 a 16), Subóptima (15 a 11), Marginal (10 a 6) y Pobre (5 a 0) y la sumatoria de las calificaciones permite tener un valor numérico entre 200 y 0. Los parámetros físicos son: sustrato, hábitats que podrían ser colonizados, velocidad y profundidad, acumulación del sedimento, estado del flujo del cauce, alteración del cauce, frecuencia de rápidos, estabilidad de la ribera, protección de la ribera con vegetación y ancho de la franja de vegetación (Barbour, Gerritsen, Snyder & Stribling, 1999).

La aplicación de este ejercicio mostró condiciones óptimas en ecosistemas acuáticos de las cuencas del Yi y Cuduyari en el departamento del Vaupés y en el área natural en la ribera colombiana del río Amazonas, y categorías subóptimas y marginales en las cuencas de los ríos Pescado y San Pedro en el departamento del Caquetá.

La calificación subóptima de hábitat encontrada en algunas cuencas del departamento del Caquetá se debe a las bajas calificaciones de los parámetros relacionados con la vegetación asociada a ecosistemas acuáticos, constituida principalmente por pastos y una franja de ribera estrecha. Lo anterior indica que la vegetación es un parámetro que determina de calidad del hábitat y es una medida esencial a considerar en evaluaciones posteriores, debido a que algunos grupos biológicos requieren un hábitat muy específico para su desarrollo, independientemente de la calidad del agua (Barbour, Gerritsen, Snyder & Stribling, 1999; Moya, Domínguez, Goitia & Oberdorff, 2011). En otros humedales, la calificación marginal es debida a la presencia de estructuras duras asociadas al cauce como diques.

Los puntajes altos permitieron determinar que las condiciones presentes en el Parque Nacional Natural Amacayacu fueron óptimas y se identifican como características propias de ecosistemas acuáticos amazónicos con baja intervención antrópica lo que permitió concluir que las condiciones biológicas encontradas en el área protegida se podrían categorizar como condiciones de referencia para la región y que pueden servir como base para evaluar la condición biológica y ampliar el estudio de integridad biológica a otros ecosistemas de la región con diferentes grados de influencia humana.

6.2.3 Calidad física, química y microbiológica de las aguas continentales amazónicas

En campo se realizaron mediciones de pH, conductividad, oxígeno disuelto y transparencia. Al mismo tiempo se colectaron en algunos sectores del departamento del Caquetá muestras de agua para el análisis fisicoquímico del agua en un laboratorio de referencia, de variables que miden la mineralización, presencia de sedimentos, grado de contaminación por actividades humanas y microbiología del agua (Figura 6-18). Dentro de las variables medidas en laboratorio están: Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO– (mg.l-1), Demanda Química de Oxígeno –DQO– (mg.l-1) y microbiología del agua (Coliformes Fecales (CF NMP/100) y totales), mercurio, plaguicidas organoclorados y organofosforados.

Figura 6-18. Medición y toma de muestras para análisis físico y químico del agua



Medición de transparencia



Medición de pH, conductividad, oxígeno, temperatura del agua.



Muestras de agua para medición de variables en laboratorio.

De manera rutinaria las variables fisicoquímicas y bacteriológicas, permiten establecer la presencia de contaminantes y características propias del ecosistema como nivel trófico (nutrientes), mineralización, concentraciones de oxígeno, entre otros.

Las aguas amazónicas presentan diferencias respecto a su color y composición debido principalmente a su origen geológico: aguas blancas y negras (Sioli, 1967). Para la Amazonía colombiana se adoptó y amplió esta clasificación en aguas blancas y negras tipo I y II (Duque, Ruiz, Gómez & Roessler, 1997). En las áreas del Caquetá predominaron los ríos y arroyos de aguas transparentes en el periodo de aguas bajas por lo tanto se puede acuñar este término como aguas transparentes de piedemonte. En estos ambientes se registró un pH (4,88 - 6,43), conductividad (6,6 a 38,3 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), cationes (Na, K, Mg, Ca) y aniones (Cl , SO_4 , HCO_3) menores a 20mg/l y bajas concentraciones de nitratos (0,005- <0,10). Esta característica ha sido registrada para ecosistemas acuáticos de la Amazonía colombiana (Guisande y otros, 2004) y del norte de Suramérica (Lewis, 2009); y en conjunto las condiciones de baja mineralización y posible limitación de algunos de los nutrientes esenciales para la productividad del sistema, como es nitrógeno y fósforo.

El estudio incorporó otras variables que permitieron evidenciar posibles acciones producto de las actividades humanas, como son la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la presencia de coliformes totales y fecales. La primera variable cuantifica la concentración de materia orgánica presente en el agua tanto de fácil o difícil degradación por parte del metabolismo del ecosistema. Los datos en general encontrados registran valores de DQO < 30 mg/l. Los sitios que se exceptúan (Tabla 6-7) son la Bocatoma Acueducto vereda Caldas, quebrada La Perdiz y río Hacha en Florencia con valores entre 43 a 47 mg/l; lo que estaría indicando posibles alteraciones y contaminación de estos sistemas.

Debido a que los ecosistemas estudiados son fundamentales como fuente de agua para consumo humano y animal, recreación y paisaje, algunas de las variables se comparan con el Resolución 2115 de 2007: Características, instrumentos y

frecuencia del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. En el caso del departamento del Caquetá, la mayoría de los lugares visitados se encuentran en condiciones favorables según esta resolución exceptuando valores más altos de coliformes (Tabla 6-7). Algunos ambientes que cruzan la ciudad de Florencia presentaron los valores máximos en coliformes totales como en la Bocatoma del Acueducto de Florencia (vereda Caldas) de 20.000 micro/100 ml, quebrada La Perdiz (810.000 micro/100 ml) y sobre todo el río Hacha (6.919 micro/100 ml). Esto es causado posiblemente porque en la región la actividad ganadera y pecuaria prima sobre otras, generando aportes importantes de materia orgánica que es efectivamente degradada por este tipo de bacterias. Respecto a los valores de coliformes fecales (2 a 70.000 micro/100 ml), los menores valores se registraron en el río Bodoquero (2 micro/100 ml) y en la quebrada aguas Claras (50 micro/100ml), los valores máximos se presentaron en los ríos que pasan por Florencia (1.401-70.000 micro/100 ml). Estos valores indican la presencia de materia orgánica originada del principal asentamiento humano como es Florencia (Tabla 6-7).

En la normativa nacional se señala que no debe haber presencia de estas bacterias, por lo cual las aguas contaminadas con coliformes fecales no pueden tener uso directo para el hombre hasta no ser tratadas. En estos casos se puede mencionar que los procesos de contaminación orgánica son preocupantes lo que implica ya acciones urgentes para disminuir la carga orgánica que está afectando estos cursos de agua.

Tabla 6-7. Comparación de dos arroyos del departamento del Caquetá y la Resolución 2115 de 2007 sobre la calidad de agua para consumo humano en Colombia

Variable	Resolución 2115 de 2007	Quebrada Las Moyas	Quebrada Aguas Claras
Cloruros (mg/l)	250	2	2
Nitratos (mg/l)	10	0,11	0,01
Nitritos (mg/l)	0,1	0,005	0,08
pH (unidades)	6,5-9,0	5,4	6,2
Coliformes fecales (micro/100 ml)	0	50	802
Coliformes totales (micro/100 ml)	0	210.000	8.664
Alcalinidad (mg/l)	200	3	6
Dureza (mg/l)	300	4	6
Magnesio (mg/l)	36	0,24	4
Sulfatos (mg/l)	250	2,6	4
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,09	0,09

Respecto a las concentraciones de mercurio, que es un metal pesado que está fuertemente asociado a actividades mineras, en especial del oro y procesos de deforestación (Almeida, Lacerda, Bastos & Herrmann, 2005), los datos obtenidos son <0.002mg/l, lo que indicaría que por ahora no es evidente la afectación de este compuesto en las aguas de los cursos de agua muestreados. Sin embargo, en otros sectores de la cuenca amazónica ya ha sido registrado por su efecto de bioacumulación y biomagnificación (Pinheiro y otros, 2007). Un patrón similar de comportamiento tiene en los ecosistemas los biocidas, que en el caso del presente estudio corresponde al análisis de los plaguicidas organoclorados y organofosforados que registraron cifras entre 0,0001-0,0156 mg/l, este último valor únicamente registrado en la quebrada la Perdiz en la ciudad de Florencia; si bien las concentraciones fueron bajas, se tienen indicios de la presencia de estos compuestos derivados de la actividad agrícola sobre los ecosistemas. Por lo tanto es recomendable dimensionar, muestreos de estas variables mencionadas (plaguicidas y mercurio) no solo en el agua sino en biota (como peces) y sedimentos, para dilucidar procesos de bioacumulación y biomagnificación.

Los humedales de este sector de la Amazonía son sistemas de drenaje porque transportan los aportes que hace la cuenca en particular en forma de materia orgánica. Por tanto, cualquier uso sobre estos ambientes para consumo, implica que se deben realizar tratamientos convencionales o primarios para reducir posibles fuentes que afecten la salud humana. Las condiciones registradas en estos humedales se basan en la interpretación de las variables evaluadas, sin embargo cuando se presume posibles efectos debido a otras actividades antrópicas como agricultura intensiva, minería, es necesario hacer cuantificaciones de otras variables que permitan conocer la presencia y concentración de compuestos de los cuales se conoce sus efectos para la salud humana y los ecosistemas.

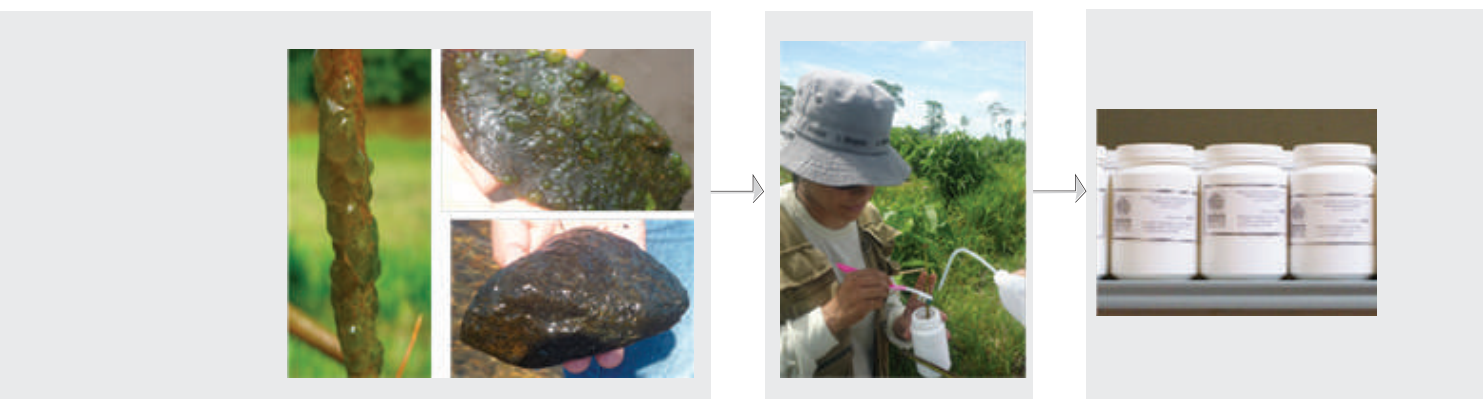
6.2.4 Biota acuática

La biodiversidad amazónica generalmente se referencia a partir de la fauna y flora, sin embargo existen organismos desde microscópicos hasta otros que se pueden ver a simple vista, que son sensibles a los cambios ambientales que se presentan en sus ecosistemas y su estudio permite contar con información y conocimiento sobre el estado de los humedales, debido a lo anterior, varios grupos de organismos han sido incorporados en los estudios como son: Perifiton, referido a microalgas sujetas a sustratos; macroinvertebrados, referidos a pequeños animales asociados a diferentes sustratos y peces.

• Perifiton

Las muestras de perifiton fueron tomadas en sustratos como roca, sedimento, hojas, ramas y troncos de bosque inundado; para ello se considera un área determinada de remoción de las algas (Figura 6-19).

Figura 6-19. Diagrama metodológico de campo para el perifiton



Los grupos predominantes del perifiton se encuentran en la Figura 6-20.

- **Cyanophyceae:** Se observaron formas de vida filamentosas simples como *Phormidium sp.* y *Pseudanabaena* y organismos ramificados en *Heteroleiblenia sp.* (Whitton & Potts, 2000), con una densidad relativa del 14% sobre el total encontrado en el perifiton. Las formas encontradas, es decir en filamentos simples o ramificados son propias de ambientes lóticos. Las condiciones de pH bajo, como el que encontramos en los dos arroyos, es un factor adverso para estos organismos (Graham & Wilcox, 2000), esto podría explicar en parte las bajas densidades relativas obtenidas.
- **Oedogoniophyceae:** Con un solo género, *Oedogonium*, organismo filamentoso que posee estructura especial de fijación, por tanto es un alga común de observar en el perifiton de pequeños ríos. La densidad relativa obtenida es de solo el 4%.

- **Zygophyceae:** Corresponde dos diferentes tipos de microalgas de dos familias: la primera Desmidiaceae con elementos bióticos unicelulares como son *Cosmarium cf amoenum*, *Closterium lunula*, *Netrium sp.* que en general poco se desarrollan en pequeños arroyos y más en sistemas leníticos (Coesel, 1996). Otros dos géneros corresponden a la familia Zygnemataceae con *Mougeotia sp.* y *Spirogyra sp.*, que al igual de Oedogonium, son filamentosos y propios de sistemas lóticos como los estudiados. Las densidades de las Zygophyceae fueron del 23%.
- **Diatomeas:** El grupo de las diatomeas está conformado por las clases Bacillariophyceae y Fragillariophyceae, registraron la más alta densidad relativa con 59% y la mayor riqueza con 43 morfoespecies. Es indiscutible que las diatomeas es el grupo de microalgas más típico de encontrar en arroyos, por tanto es común su uso como indicadores ambientales en dichos ecosistemas (Fernández & Esteves, 2011). Las diatomeas se posan sobre el sustrato o se fijan a él, por tanto el crecimiento rápido les favorece en aguas corrientes. En la presente revisión, se registran algunos géneros de diatomeas, mas no de las especies; esto debido a que se requiere para su completa identificación análisis ultraestructural con el uso de Microscopía Electrónica de Barrido. De la riqueza de este grupo se conocen algunos estudios en lagos y pequeños arroyos de otras regiones amazónicas sobre su alta biodiversidad y endemismos (Sala, Duque, Núñez-Avellaneda & Lamaro, 2002; Vouilloud, Sala, Núñez-Avellaneda & Duque, 2010; Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998) asociadas a aguas con baja conductividad y pH ácidos.

En términos generales, los arroyos en Caquetá y Vaupés tuvieron bajo desarrollo del perifiton; en parte explicado por la ubicación de los tramos analizados que corresponden a sectores de los arroyos con alta velocidad de la corriente por la pendiente aún presente en el sector final del piedemonte amazónico donde se ubican. El efecto abrasivo de la corriente empobrece al perifiton según lo mencionan (Stevenson, Bothwell & Lowe, 1996; Biggs & Cooper, 1985). Por tal razón, una parte importante de las microalgas encontradas son de origen filamentosos en la mayoría de los grupos encontrados (Figura 6-20). La importancia porcentual de cada grupo se puede observar en la Figura 6-21. Algunas morfoespecies encontradas son consideradas las primeras citas para el área de estudio e incluso algunas de ellas podrían ser nuevas especies, como el caso de *Heteroleiblenia cf.* y *Batrachospermum* presentes en ambientes lóticos de baja mineralización y pH bajo.

Figura 6-20. Relación de riqueza del perifiton encontrado

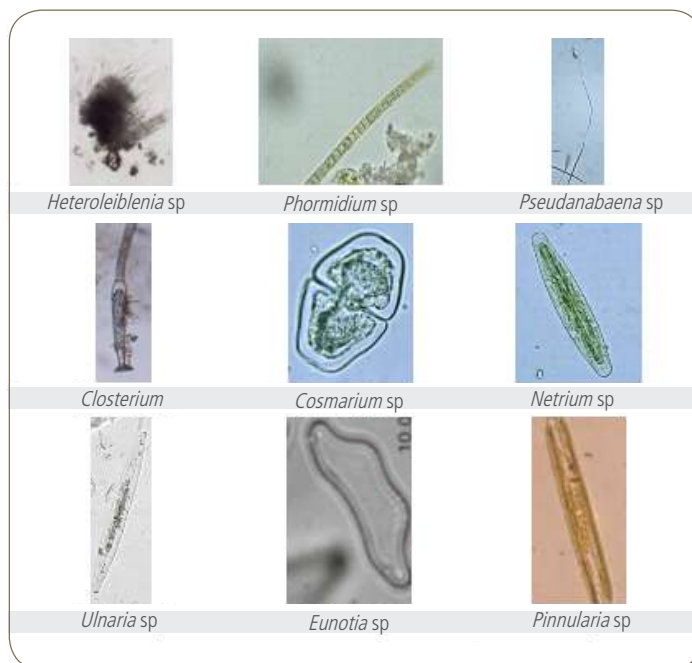
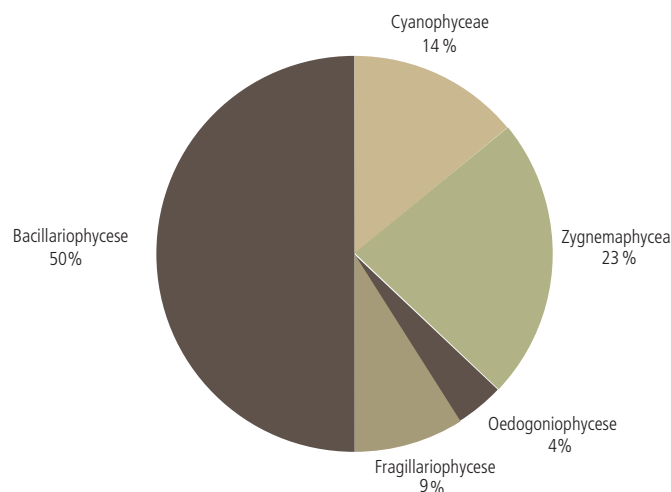


Figura 6-21. Relación porcentual de los grupos de microalgas observados en el perifiton



• Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos se colectaron removiendo el sustrato rocoso, hojarasca, palizada, fondo y plantas acuáticas (Figura 6-22).

Figura 6-22. Diagrama metodológico de campo para macroinvertebrados



A continuación se presentan los resultados más importantes en la identificación de los macroinvertebrados encontrados (Figura 6-23).

En los estudios realizados en el parque Amacayacu, se colectaron 15.925 individuos con 81 pertenecientes a los órdenes Annelida, Chelicerata, Crustacea, Insecta y Mollusca. El grupo Insecta fue el más abundante. En las zonas de lomerío y cordillera baja del departamento de Caquetá, se colectaron cerca de 4.000 individuos de macroinvertebrados acuáticos pertenecientes a 3 fila (Annelida, Mollusca y Arthropoda), 7 clases (Acari, Arachnida, Gastropoda, Malacostraca, Oligochaeta, Hirudinea e Insecta), 22 órdenes, 37 familias y 36 géneros. Particularmente, en el orden Diptera, se encontraron 4 familias representantes del orden: Ephydriidae, Tabanidae, Chaoboridae y Chironomidae. Esta última familia es de gran importancia como bioindicador de calidad del agua; particularmente se ha relacionado con altos niveles de contaminación a nivel mundial. Sin embargo, en los últimos años se ha revaluado esta categoría y se requiere la identificación a nivel de subfamilia por la mayor sensibilidad que manifiesta ante cambios en la calidad del agua.

Figura 6-23. Ejemplares de macroinvertebrados colectados en ecosistemas acuáticos



Se identificaron nuevos registros para Amazonía colombiana de géneros *Neonelmis* y *Hydrophilus* del orden Coleoptera y *Perithelmis* del orden Odonata.

6.2.5 Especies incluidas dentro de las categorías de las Listas Rojas

De otra parte, se consultó cada uno de los taxa registrados en el estudio en las listas rojas producidas por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) sobre las especies que se encuentran en peligro de extinción a nivel mundial, que se encuentra en la aplicación web <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/search>; de esto se reporta un taxón en la lista roja, que es *Perithemis*, con siete especies citadas en esta lista. Es preciso anotar que este sistema presenta dificultades para su aplicación a algunos taxones de plantas y de invertebrados, y además son pocas las especies a nivel mundial de las que existe información suficiente, por tanto no se pueden dar consideraciones prácticas sobre la importancia ecológica del taxón.

• Peces

En los sitios de muestreo, la faena de pesca tuvo en lo posible una duración de dos horas, empleando trasmallos, atarrayas, red de arrastre y jamás con agarradera (Figura 6-24).

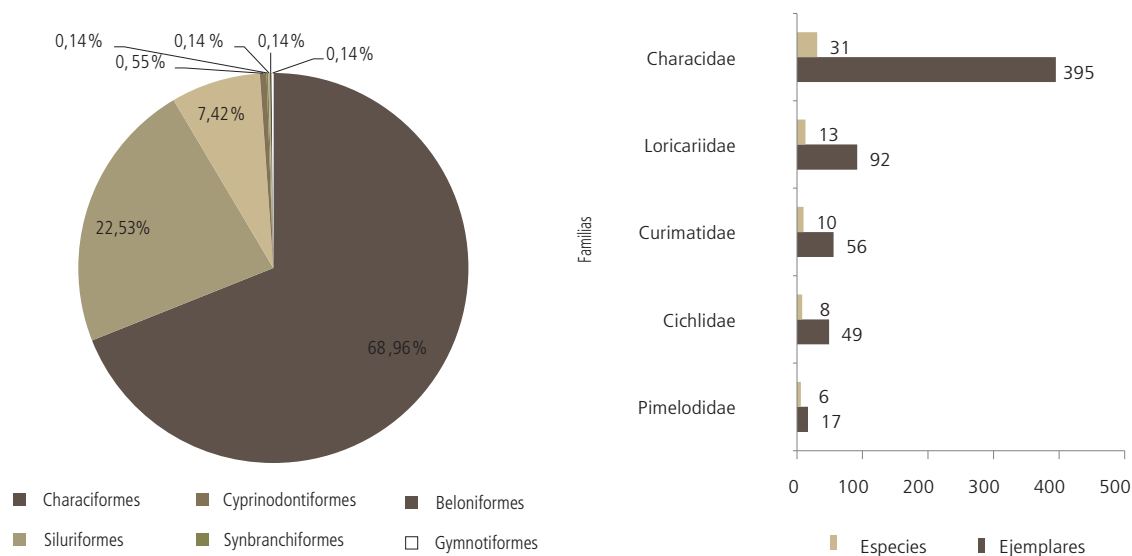
Figura 6-24. Procedimiento para la colecta de peces en campo



En los arroyos y lagos muestreados en el departamento del Caquetá se colectaron 727 especímenes agrupados en ocho órdenes, 25 familias y 104 especies de peces. Respecto a la abundancia por orden, el predominio fue para Characiformes (65%), seguido de los órdenes Siluriformes (22%) (Figura 6-25b), y Perciformes (7%) como se observa en Figura 6-25a. Respecto a las abundancias de las familias el predominio correspondió a Characidae con 395 especímenes, 31 especies, seguida

por Loricariidae (92 ejemplares, 13 especies) y Curimatidae (56 individuos, 10 especies) Cichlidae y Trychomictoridae (Figura 6-25b), esta característica del predominio de la familia Characidae es propia de los ambientes amazónicos (Manjarrés Hernández, 2010); vale la pena resaltar la familia Trichomycteridae, que es característica de los ambientes de raudales y fondos arenosos de las quebradas.

Figura 6-25: Abundancia de los diferentes órdenes taxonómicos y de las principales familias colectadas en el departamento de Caquetá



Las especies de la familia Characidae, de tallas pequeñas fueron más abundantes (géneros como Hemigrammus y Bryconops), con identificación en proceso, pues estas especies presentan gran similitud anatómica, por lo cual se debe hacer una revisión taxonómica a partir de estructuras internas, además de contar con especialistas en estos grupos. De los especímenes más representativos, se tomaron datos biológicos como contenidos estomacales, datos reproductivos, tallas y pesos (Figura 6-26).

Figura 6-26: Especies más abundantes encontradas en el presente estudio

a *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819)
Nombre común: sardina



b *Ochmacanthus cf. flabelliferus* Eigenmann, 1912
Nombre común: No conocido



- Especies incluidas dentro de las categorías de las listas rojas

La especie colectada que aparece en la literatura como en estado de riesgo para su conservación, fue el Charácido *Salminus affinis* Steindachner, 1880 (Figura 6-27). Este pez, se encuentra dentro de la categoría nacional como vulnerable (VU A1d, A2d), lo cual implica que con la evidencia disponible a través de los estudios poblacionales, enfrenta un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo. Esta situación implica reducciones poblacionales, que se puede deber a causas reversibles como incremento en la explotación, pero que pueden ser corregidas a través de controles y medidas de protección ecosistémica.

Figura 6-27. Ejemplar adulto de *Salminus affinis*



- Registros nuevos para la Amazonía colombiana

Para el departamento del Caquetá en los sectores de la reserva Itarca, se colectó la especie *Ochmacanthus cf flabelliferus* Eigenmann, 1912 (Figura 6-26b), del orden Siluriformes, familia Trichomycteridae. Resultado de esta investigación también se reportan 24 especies, que no habían sido reportadas para el departamento del Caquetá, con lo cual también se incrementa la zona de distribución conocida previamente para esta ictiofauna. En arroyos del municipio de Belén de los Andaquíes se cuenta con el registro de una posible nueva especie para la ciencia que corresponde a un pez del orden de los Characiformes, familia Characidae y subfamilia Stevardiinae (Figura 6-28); este pez se colectó en el sector de la quebrada Las Verdes y presenta como particularidad la presencia de una glándula caudal muy evidente.

Figura 6-28. Especie de la subfamilia Stevardiinae (Characidae)



Especie de la subfamilia Stevardiinae



Detalle de la glándula caudal

Para Vaupés de acuerdo con (Bogotá-Gregory, 2012), las especies *Cyphocharax signatus*, *Anostomoides laticeps*, *Leporinus amazonicus*, *Hemiodus ternetzi*, *Astyanax scabripinnis*, *Knodus victoriae*, *Pseudobunocephalus bifidus*, *Corydoras dupli-careus*, *Ageneiosus polystictus* y *Auchenipterichthys carocoideus* son nuevos registros para Colombia. Es importante señalar que el registro de *Pseudobunocephalus bifidus* en el trabajo de Galvis (Galvis, y otros, 2006), corresponde a un único ejemplar de la especie colectado en el río Javari, Brasil. *Microcharacidium weitzmani*, *Hemigrammus guyanensis*, *Hyphessobrycon tropis*, *Jupiaba mucronata*, *Acestrorhynchus nasutus* y *Rhamdia laukidi* no se habían registrado para la Amazonía (Bogotá-Gregory & Maldonado- Ocampo, 2006); estas especies presentaban distribución para la Orinoquía en Colombia, por lo que se amplía su rango de distribución. La especie *Hypopomus* sp corresponde a una especie en proceso de descripción con base en material de otras cuencas.

• Colecciones Biológicas

La Colección de peces CIACOL cuenta con 1.814 especímenes agrupados en 832 lotes, provenientes de colectas realizadas en las cuencas de los ríos Amacayacu y Matamatá (ribera colombiana del río Amazonas), Putumayo (sector de Puerto Leguízamo), Caquetá (cuencas de los ríos Pescado, San Pedro, Consaya y Orotuya) y Vaupés (Cuencas de los ríos Yí y Cuduyari). En términos de composición los especímenes se agrupan en 12 órdenes, 41 familias, 194 géneros y 329 especies. La mayor representatividad se centra en los órdenes Characiformes, Siluriformes y Perciformes; familias Characidae, Curimatidae y Pimelodidae.

6.2.6 Síntesis general

Los estudios abordados por el Instituto Sinchi permiten mostrar resultados importantes donde se destacan las condiciones naturales y geográficas de los humedales. El incorporar conceptos y estrategias metodológicas como el uso de índices multimétricos ha sido fundamental para establecer categorías de calidad ambiental de los ecosistemas. Como era de esperarse muchos ambientes aún tienen óptimas condiciones, mientras que los que se asocian y están más cerca de poblados y otras actividades humanas como las agropecuarias muestran categorías más preocupantes (subóptimas y marginales), mostrando cambios en la calidad del agua y afectaciones diferenciales sobre todo el ecosistema.

La calidad fisicoquímica del agua de los ecosistemas fue buena considerando el contenido de oxígeno alto, la presencia de aguas transparentes, pobres en nutrientes y baja conductividad y productividad primaria baja expresado por el bajo desarrollo de perifiton registrado. Al ser un estudio de un solo muestreo, los logros son significativos; se observa como la riqueza de peces y de macroinvertebrados es significativamente alta; además algunos de los elementos bióticos colectados son especies que representan el primer registro para el departamento del Caquetá y en un caso, una posible especie de pez nueva para la ciencia. En el caso del perifiton, aunque escaso, muestra la presencia de organismos que poco se conocen en la literatura y que seguro demuestran las interesantes condiciones ambientales de estos sistemas.

La continuación de explorar más sitios y áreas geográficas, servirá para tener muy pronto un mapa de calidad ambiental de los humedales de la Amazonía colombiana. En donde los puntos críticos deberán ser tratados de manera especial, involucrando otras perspectivas de trabajo y de análisis, como la búsqueda de metabolitos secundarios de actividades mineras, de extracción petrolera y hasta de cultivos ilícitos. Así como de sustancias xenobióticas (de origen humano) que pudieran estar llegando a nuestros humedales y de las cuales poco conocemos de sus posibles impactos.

6.3 Captura de peces comerciales en la Amazonía colombiana

(Autor. Edwin Agudelo Córdoba - Instituto Sinchi)

La pesca es una actividad de alta importancia socio económica para las comunidades ribereñas que usufructúan los recursos naturales existentes, dado que contribuye a su nutrición y a la liquidez familiar. La región amazónica aporta un poco más del 30% de la pesca continental nacional movilizada hacia Bogotá.

Se estima que existe unintercambio comercial cercano a los 7 millones de dólares anuales a precio de primera compra, para una región pesquera que integra aguas fronterizas y nacionales de Colombia con Brasil y el Perú, que tiene en el municipio de Leticia a su principal puerto de acopio en el río Amazonas y a Puerto Leguízamo para el río Putumayo (Agudelo, Alonso & Sánchez, 2009; Agudelo & Alonso, 2011).

Gran volumen del pescado comercializado está conformado por trece especies de bagres de la familia Pimelodidae, responsables del 90% de la movilización registrada históricamente. De ellos, los peces con mayor comercialización son pintadillos (*Pseudoplatystoma fasciatum*, *P. tigrinum*), dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), simí (*Calophysus macropterus*), lechero (*Brachyplatystoma filamentosum*), baboso (*Brachyplatystoma platynemum*), camiseta (*Brachyplatystoma juruense*), mapará (*Hypophthalmus spp.*), amarillo (*Zungaro zungaro*) y barbachato (*Pirirampus pirinampu*) (Agudelo, y otros, 2000; Batista, Chaves, Faria Jr, de Oliveira, da Silva & Bandeira, 2007; Alonso, Camacho, Núñez-Avellaneda & Agudelo, 2009; Agudelo, Sánchez, Rodríguez, Bonilla-Catillo & Gómez, 2011).

El Instituto Sinchi, a partir de 2002 ha generado información sobre el indicador Captura de peces comerciales por debajo de las tallas reglamentarias en la Amazonía colombiana. El indicador es calculado cada dos años, cuenta con actualizaciones para 2004, 2007 y 2009, los resultados y análisis para 2011, incorporan datos obtenidos en los años 2009 y 2010.

Dada la importancia que la pesca de bagres pimelódidos representa en la región, el interés con este indicador es estimar la proporción de peces capturados que presentan longitudes inferiores al Tamaño Mínimo de Captura (TMC) reglamentado por la legislación pesquera colombiana¹². La reglamentación de la pesca basada en el concepto de tallas, se define con base en el Tamaño Medio de Madurez Sexual (TMM) de una especie, por lo tanto, este indicador permite cuantificar el riesgo generado por la pesca para permitir la renovación de un determinado recurso pesquero.

Esta actualización del indicador de captura de peces por debajo de tallas reglamentarias, muestran resultados alarmantes para las cuencas de Putumayo y Amazonas, a partir del análisis de longitudes de los registros continuos que el Instituto Sinchi posee.

En términos generales, los resultados de esta actualización indican un fuerte impacto negativo de la pesca para el río Amazonas, que paso de 33% en 2000 a 62% en 2010, lo que lo ubica en la categoría de alta afectación del recurso (Figura 6-29). Mientras que en la cuenca del Putumayo, los valores han pasado de 31 a 47% que deja al recurso en el mismo grado de afectación que el Amazonas (Figura 6-30).

En términos generales, los resultados de esta actualización indican un fuerte impacto negativo de la pesca para el río Amazonas, que paso de 33% en 2000 a 62% en 2010, lo que lo ubica en la categoría de alta afectación del recurso. Mientras que en la cuenca del Putumayo, los valores han pasado de 31 a 47% que deja al recurso en el mismo grado de afectación que el Amazonas.

¹² Las TMC, también llamadas Tallas Mínimas Reglamentarias (TMR), corresponden a las establecidas por el desaparecido Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) a través del acuerdo 0075 de 1989, acogidas actualmente por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).

Figura 6-29. Porcentaje de la extracción global de bagres comerciales por debajo del tamaño mínimo de captura en el río Amazonas comparando el periodo 1995–2000 y 2002–2010

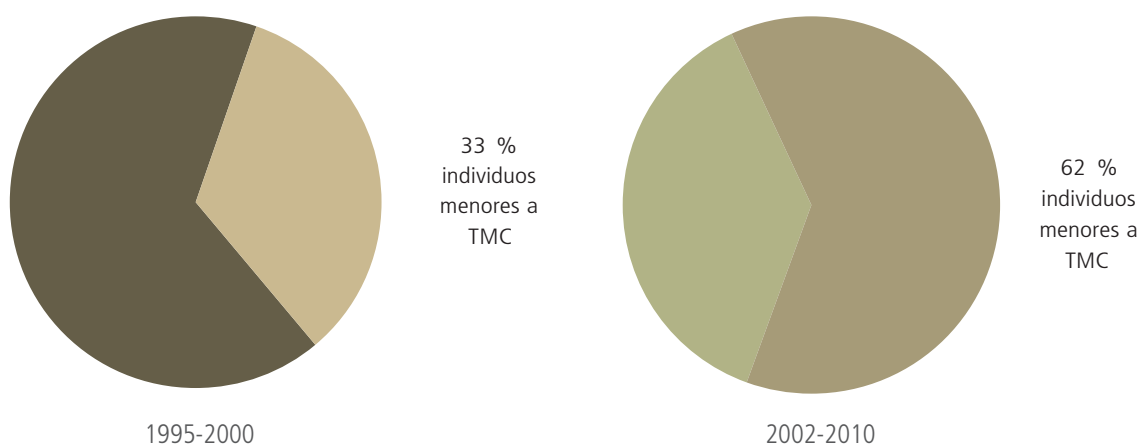
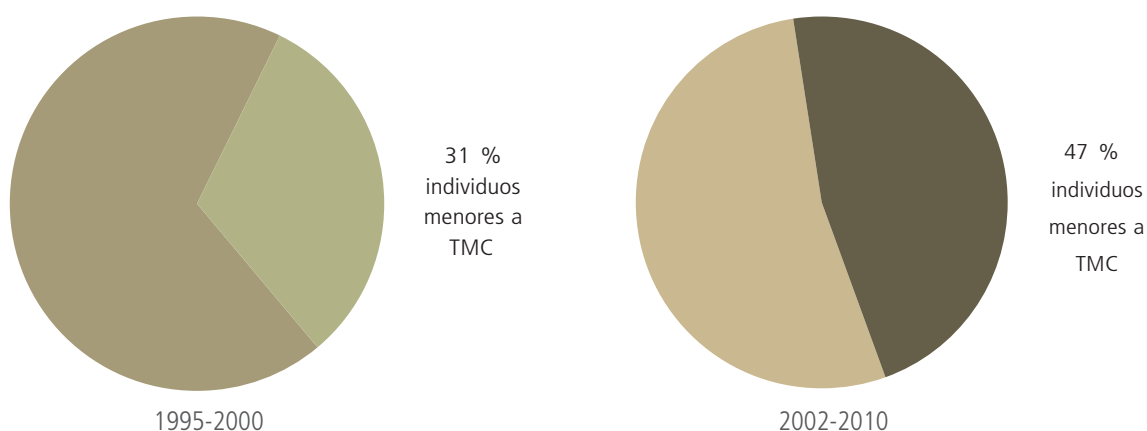


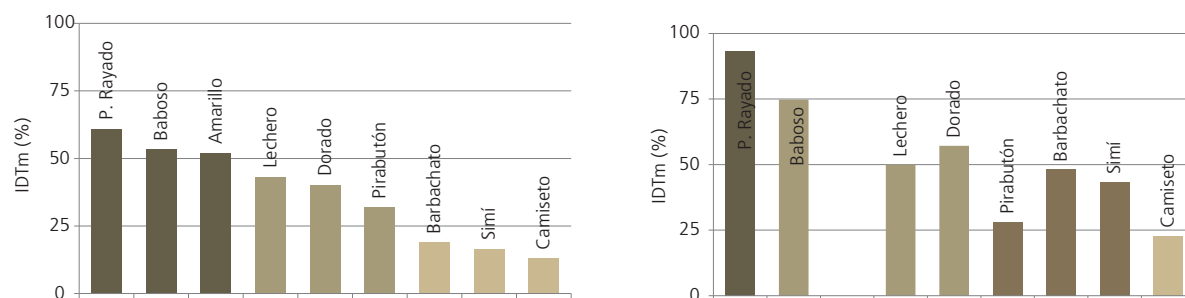
Figura 6-30. Porcentaje de la extracción global de bagres comerciales por debajo del tamaño mínimo de captura en el río Putumayo comparando el periodo 1995– 2000 y 2002– 2010



Cuando se revisan las distintas actualizaciones del indicador, se observa un crecimiento hacia un 50% de calificación negativa del indicador para el río Putumayo; mientras que el río Amazonas las fluctuaciones que se presentan ya han superado ese 50%. Es importante recordar que la agregación de las diferentes especies está generando este alto valor global para cada región y sobre ellas depende, bien la selectividad de las artes o bien el momento en que se aplican con base en el régimen hidrológico de los ríos.

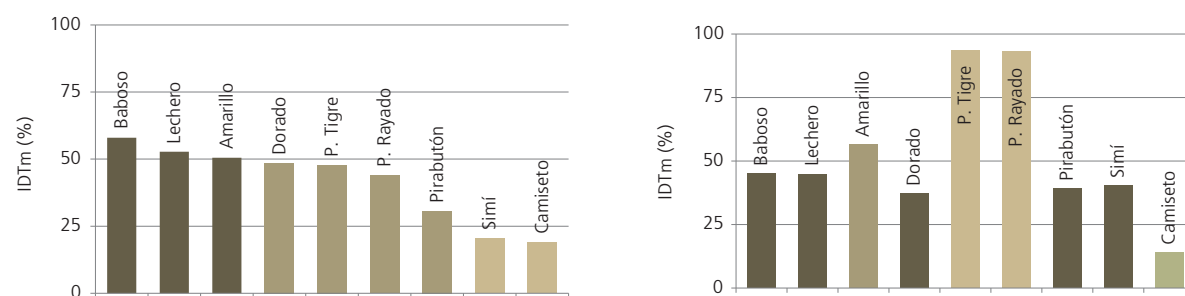
Sobre esta actualización, se pudieron analizar 8 especies de bagres en el río Putumayo y 9 especies para el Amazonas. En ambos casos, son los pintadillos (*Pseudoplatystoma* spp.), las especies que contribuyen a incrementar las alarmas en el indicador en la medida que son un recurso de alta comercialización, para el cual, no hay respeto de los usuarios sobre la talla de captura reglamentada (Figura 6-31 y Figura 6-32).

Figura 6-31. Evolución del indicador de peces por debajo del tamaño mínimo de captura para bagres comercializados en el río Putumayo, al final de la década de 1990 y final de la década de 2000



Es de anotar que *Calophysus macropterus* (simí) es una especie que se viene consolidando en el comercio nacional de bagres, con incrementos anuales desde 1998. Su alta demanda en el mercado interno (como reemplazo del capaz del Magdalena), derivan en una mayor extracción y por ende una evolución negativa del indicador de tallas para el periodo evaluado para ambas regiones. Lo mismo está ocurriendo con *Pinirampus pinirampu* (barbachato), especie de tamaño similar a Simí, sobre la cual también se incrementó el impacto negativo, al aumentar el número de individuos capturados por debajo de la talla reglamentaria.

Figura 6-32. Evolución del indicador de peces por debajo del tamaño mínimo de captura para bagres comercializados en el río Amazonas, al final de la década de 1990 y final de la década de 2000



Con la presente actualización del indicador sobre tallas, se puede concluir y reiterar que ante la importancia socioeconómica de los peces y la pesca en la Amazonía, los procesos inmediatos de ordenación de la pesca deben propender por un ajuste consensuado de las tallas de captura permitidas (con los usuarios y autoridades pesqueras de países vecinos), en conjunto con la precisión de las artes que pueden ser utilizadas en la pesca.

Lo anterior, sumado a una mejoría en la participación y la sensibilización que las autoridades pesqueras puedan realizar en la Amazonía, puede derivar en una disminución sentida del negativo impacto que ya causan sobre los peces las actuales metodologías de captura en la región amazónica colombiana.

6.4 Estado del inventario de microorganismos en suelos de la Amazonía colombiana

(Autores: Gladys Inés Cardona Vanegas, Clara Patricia Peña Venegas - Instituto Sinchi)

En la actualidad se conoce que la Amazonía es uno de los sitios más diversos del mundo en cuanto a especies vegetales y animales, pero poco se conoce acerca de sus comunidades microbianas a pesar de que son los microorganismos los que controlan los ciclos biogeoquímicos de la Tierra, regulan la composición de la atmósfera, influyen en el clima, reciclan nutrientes y descomponen contaminantes (Falkowski, Fenchel & Delong, 2008).

Dentro de los ecosistemas de la Amazonía colombiana, el suelo es altamente complejo debido a que contiene gran cantidad de especies. Las poblaciones de microorganismos nativos son de importancia fundamental para el funcionamiento del ecosistema, debido a que determinan el ciclaje de nutrientes, descomposición de la materia orgánica y flujo de energía. A pesar de todo el esfuerzo hecho para medir la diversidad microbiana presente, el estudio de la microbiota del suelo, aún permanece en la caja negra. La mayoría de estos microorganismos permanecen aún desconocidos, muy pocos han sido aislados, cultivados e identificados y relacionados con una función directa en un agroecosistema.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante continuar con los esfuerzos encaminados a la generación de conocimiento de la diversidad microbiana de suelos de la Amazonía. Una primera aproximación puede lograrse a partir del desarrollo de inventarios biológicos los cuales permiten documentar la distribución espacial de especies, poblaciones, comunidades u otros elementos biológicos (Kremen, Colwell, Erwin, Murphy, Noss & Sanjayan, 1993) y, por ende, facilitan la identificación a escala espacial y temporal de la distribución geográfica de las especies. Así mismo permiten apoyar la exploración y valoración económica de posibles usos de las especies y el diseño de acciones de conservación (Chalmers, 1996).

La generación de inventarios biológicos puede realizarse por medio de varias aproximaciones, una de ellas es usando nuevos medios de cultivo desarrollados recientemente para maximizar la recuperación de grupos diversos de microorganismos del suelo; sin embargo, la comparación entre recuentos microscópicos directos y conteos en placa, indican que menos del 0.1% de los microorganismos del suelo son cultivables. Por lo que técnicas moleculares basadas en la caracterización de ácidos nucleicos extraídos del suelo, ofrecen un mayor potencial para investigar la gran proporción de comunidades bacterianas del suelo no cultivable. De las aproximaciones genéticas, la amplificación por PCR de regiones conservadas y variables del gen 16S rRNA proporciona una visión bastante gruesa de grupos taxonómicamente distantes. El ADN amplificado puede ser clonado dentro de vectores, secuenciado y analizado por su similitud a otras secuencias conocidas en las bases de datos de dominio público (GenBank) (Crecchio, Gelsomino, Ambrosoli, Minati & Ruggiero, 2004). Así mismo, técnicas como la metagenómica basadas en el análisis de fragmentos genómicos de microorganismos del ambiente y mediante el uso de metodologías alternativas de secuenciación, como la pirosecuenciación, han permitido la obtención de secuencias genéticas que proporcionan una base para la estimación de la diversidad filogenética y generan inventarios taxonómicos de las poblaciones microbianas en ambientes naturales (Peressutti, Costagliola, Artigas & Hozbor, 2010), por lo que se constituye como una herramienta particularmente útil para el estudio de la diversidad microbiana de bosques poco explorados de la Amazonía colombiana.

El inventario de microorganismos se ha realizado a partir de muestras de suelo rizosférico bajo diferentes coberturas vegetales y paisajes en la Amazonía colombiana, a lo largo de 11 años, en el periodo comprendido entre el año 2000 y el año 2011. El Instituto Sinchi ha identificado y evaluado microorganismos del suelo con funciones específicas y de interés para la conservación y/o manejo sostenible de sus ecosistemas, enfatizando la identificación de microorganismos asociados a los principales ciclos biogeoquímicos del suelo (carbono, nitrógeno y fósforo). Adicionalmente, el Instituto ha realizado la determinación, identificación y distribución de microorganismos no cultivables mediante el uso de herramientas moleculares en bosques, pastizales y rastrojos en suelos del Sur del Trapecio Amazónico, así como en bosques poco intervenidos en el departamento de Caquetá.

6.4.1 Estado actual del conocimiento de los microorganismos rizosféricos

- **Microorganismos asociados al ciclo del carbono (actinomicetos)**

La descomposición de los residuos orgánicos es una de las principales funciones de la microbiota del suelo (Sylvia, Fuhrmann, Hartel & Zuberer, 1998), influyendo en la disponibilidad de carbono y fuentes energéticas para los demás organismos del ecosistema. El ciclo del carbono está íntimamente relacionado con los ciclos del nitrógeno y el fósforo. Los carbohidratos simples (azúcares, almidones, celulosa y hemicelulosa) y algunas proteínas son descompuestos por una gran variedad de microorganismos, mientras que otros compuestos más complejos son difíciles de descomponer, requiriendo de poblaciones con metabolismos particulares para que puedan ser usados como fuentes de nutrientes. Dentro de estos compuestos de lenta descomposición están la quitina, la queratina, la celulosa, la lignina, las ceras y los taninos.

Los actinomicetos son bacterias gram positivas, con un papel significativo en la formación del humus ya que son activos en la descomposición de materiales orgánicos complejos y otros polímeros recalcitrantes. Algunos géneros fijan nitrógeno en nódulos de plantas no leguminosas. Otros se han usado en el control biológico de patógenos de plantas y muy pocos producen enfermedad en ellas. Sus metabolitos continúan siendo una fuente importante de antibióticos, enzimas y productos bioactivos (Cardona, 2004).

El inventario de géneros de actinomicetos para suelos de la Amazonía colombiana comprende los géneros *Agromyces*, *Nocardia*, *Nocardiopsis*, *Microbispora*, *Sacharomonospora* y *Streptomyces*, siendo este último género el más frecuente.

- **Microorganismos asociados al ciclo del nitrógeno**

- ◆ **Bacterias fijadoras de nitrógeno**

- ~ **Bacterias fijadoras libres de nitrógeno o diazótrofes**

El nitrógeno es el cuarto elemento más común en las biomoléculas, después del carbono, el hidrógeno y el oxígeno (Philippot & Germon, 2005), la fuente principal de este elemento en las coberturas vegetales es la materia orgánica, siendo esta la segunda reserva más importante de este elemento en la Tierra, después del nitrógeno atmosférico. Dada la abundancia de este elemento en la atmósfera y la poca accesibilidad que los organismos vivos tienen a éste, algunos microorganismos han desarrollado la capacidad de fijarlo, utilizándolo como una fuente alterna de nitrógeno para sus funciones vitales.

La fijación biológica de nitrógeno, es el segundo proceso biológico más importante en la Tierra después de la fotosíntesis y es mediada principalmente por bacterias. El nitrógeno atmosférico se fija al suelo como NH_4^+ a través de este proceso, convirtiéndose en una fuente adicional de nitrógeno disponible para las plantas. Los géneros y especies de bacterias diazótrofes identificados en la Amazonía colombiana corresponden a *Anabaena* sp., *Azonexus fungiphilus*, *Azotobacter vinelandii*, *Burkholderia* sp., *Enterobacter* (*E. cloacae*), *Klebsiella* (*K. pneumoniae*), *Magnetospirillum magneticum*, *Mesorhizobium* sp., *Methanosarcina barkeri*, *Pantoea agglomerans*, *Paenibacillus massiliensis*, *Paenibacillus brasiliensis*, *Peliodictyon luteolum*, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Paratyphi*, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Choleraesuis*, *Salmonella enterica* subsp. *arizonae* y *Syntrophobacter fumaroxidans*.

Algunas de las bacterias diazótrofes han sido igualmente evaluadas como especies promotoras del crecimiento vegetal al producir sustancias indólicas. Dentro de los microorganismos amazónicos reconocidos por su potencial como estimuladores del crecimiento vegetal se encuentra *Enterobacter oryzae*.

~ Bacterias fijadoras simbiotes de nitrógeno

La fijación biológica de nitrógeno más común corresponde a la asociación leguminosa con una bacteria de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* y *Azorhizobium* Sylvia, Fuhrmann, Hartel & Zuberer, 1998), denominando a esta asociación simbiosis leguminosa-rizobio. Para que la fijación de nitrógeno sea efectiva, la bacteria debe transformarse en un bacteroide al interior de la raíz de la planta, formando un nódulo que la aísla del oxígeno, protegiendo la nitrogenasa de ser desactivada. Se considera que esta simbiosis es más barata y usualmente más efectiva proveyendo nitrógeno a sistemas naturales y antrópicos con presencia de leguminosas, que la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Zahran, 1999). La colecta de nódulos de especies leguminosas nativas y foráneas (Peña-Venegas & Arias, 2009), permitió corroborar la presencia de *Rhizobium* sp. en suelos de la Amazonía colombiana.

• Microorganismos asociados al ciclo del fósforo

◆ Hongos formadores de micorrizas arbusculares

El elemento que generalmente se considera limitante en los suelos de la Amazonía es el fósforo, siendo además un macronutriente clave para las plantas como componente del ATP (molécula energética para la realización de cualquier actividad metabólica). Las principales fuentes de fósforo son la materia orgánica y la fase mineral del suelo. El fósforo disponible en solución es normalmente muy bajo comparado con el fósforo total del suelo. Dada la baja disponibilidad de fósforo de los suelos amazónicos, la vegetación desarrolló estrategias para acceder a este elemento, como lo fue el establecimiento de simbiosis con hongos formadores de micorrizas arbusculares.

Evolutivamente la simbiosis micorriza arbuscular existe desde el segundo periodo de la Era Paleozóica (350 - 400 millones de años), siendo la simbiosis planta-microorganismo más frecuente en el mundo. En la Amazonía el 80% de la vegetación nativa establece esta simbiosis (Moyersoen, 1993; Alves da Silva, Acioli dos Santos, Alves M. & Maia, 2001; Harrier, 2001; Peña Venegas, Cardona, Mazorra, Arguellez Cárdenas & Arcos Dorado, 2006), bajo la cual, la planta provee el hongo con energía a través de fotosintatos. Por su parte, el hongo a través de su red de micelio moviliza nutrientes hacia la planta que no están a su alcance, siendo espacialmente efectiva la movilización del fósforo (Souza, Lima da Silva & Berbera, 2008; Giovannetti, Sbrana, Agnolucci, Rinaudo & Avio, 2003; Bianciotto, Lumini, Lanfranco, Minerdi, Bonfante & Perotto, 2000).

A nivel de la cuenca amazónica, la comunidad de hongos micorriza arbuscular se caracteriza por la dominancia del género *Glomus* o *Acaulospora*, representando más del 50% de toda la comunidad fúngica (Peña Venegas C. P., 2010).

Para la Amazonía colombiana, el inventario de hongos micorriza arbuscular incluye los géneros y especies *Glomus* (*G. geosporum*, *G. glomerulatum*, *G. rubiformis*, *G. sinuosum*, *G. microaggregatum*, *G. tortuosum*, *G. manihotis*, *G. brohultii*, *G. intraradices* y *G. viscosum*), *Acaulospora* (*A. foveata*, *A. rehmi*, *A. tuberculata*, *A. morrowiae* y *A. mellea*), *Scutellospora* (*S. pellucida*, *S. spinosissima*, *S. striata*), *Archaeospora leptoticha*, *Entrophospora colombiana* y *Gigaspora* (*G. margarita*) (Peña Venegas et al., 2006). Esta última especie identificada por técnicas moleculares asociada a la rizósfera de yuca en el departamento de Guaviare (Velandia, 2006).

◆ Bacterias solubilizadoras de fosfatos

De la fracción no soluble de fósforo en suelos de la Amazonía colombiana, un 60-70% corresponde a fosfatos de hierro, y un 10% a formas ligadas al aluminio y al calcio (IGAC, 1999). A pesar de ser compuestos muy estables, existen algunos microorganismos capaces de solubilizarlos por medio de la producción de ácidos orgánicos, fosfatasa o por quelación. Se ha

estimado que entre el 10-50% de la microflora bacteriana del suelo tiene capacidad de solubilizar fosfatos como el fosfato tricálcico, el fosfato dicálcico, la hidroxiapatita y la roca fosfórica (Bobadilla & Rincón, 2008). La solubilización de fosfatos de calcio es la más común y la realizan géneros bacterianos como *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Arthrobacter* y *Flavobacterium*.

El inventario de bacterias solubilizadoras de fosfatos para el sur del departamento de Amazonas incluye los géneros y especies *Bacillus* sp., *Bukholderia* (*B. gladioli*, *B. cepaceae*), *Chromobacterium* sp., *Pantoea agglomerans* y *Stenotrophomona maltophilia*.

6.4.2 Inventario de microorganismos por herramientas moleculares sin información sobre su función específica en el suelo

Se destaca en el inventario generado en suelos del sur del trapezio que más del 50% de las secuencias encontradas corresponden a bacterias no cultivables, resaltando que gran parte de las bacterias presentes en la zona de estudio son géneros aún desconocidos y por tanto constituyen una fuente de nuevas especies. De igual manera, las bases de datos internacionales (GenBank, EBI, DDBJ) no cuentan con suficientes secuencias provenientes de ecosistemas tropicales, por lo que la precisión de las determinaciones es menor que las que se podrían obtener de otras zonas en el mundo mejor estudiadas.

El inventario incluye los géneros y especies *Acidobacteria* sp., *Chloroflexi* sp., *Chloroflexales* sp., *Chthoniobacter flavus*, *Gibberella moniliformis*, *Koribacter versatilis*, *Ktedobacteria* sp., *Methylocapsa aurea*, *Planctomycete* sp., *Planctomycetacia* sp., *Solibacter usitatus*, *Sphingomonas jaspsi*, *Sporotalea colonica*, *Rhodanobacter soli*, y *Verrucomicrobia bacterium*.

Para el caso del inventario generado en suelos de bosques poco intervenidos del departamento de Caquetá, se detectó predominio de los Fila Acidobacteria y Proteobacteria (Alfa, Beta, Gamma y Delta-Proteobacteria), seguidos de Actinobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes, Verrucomicrobia, Planctomycetes y Chloroflexi (Díaz Cárdenas, Cardona, Cárdenas & Peña Venegas, 2012).

Como conclusión este inventario de microorganismos asociados a ciclos funcionales cubre un porcentaje bajo de la Amazonía Colombiana. El grupo de hongos formadores de micorriza arbuscular es el más estudiado, cubriendo la mayoría de los departamentos de la región. Adicionalmente, y a partir de los presentes resultados de investigación se ha podido encontrar que existe una mayor diversidad de microorganismos edáficos en bosques que otras coberturas (Mantilla Paredes, Cardona, Peña Venegas, Murcia, Rodríguez & Zambrano, 2009; Peña Venegas, Cardona, Mazorra, Arguellez Cárdenas & Arcos Dorado, 2006), lo cual corrobora la importancia que tienen los ecosistemas boscosos como reservorios de microorganismos, siendo un elemento más de juicio para su conservación.

6.5 Bibliografía sobre el Estado de los Ecosistemas y de la Biodiversidad de la Amazonía

Agudelo, E. & Alonso, J. (2011). Contexto de la pesca transfronteriza de los bagres en la región Sur-oriental de la Amazonía colombiana. En J. Núñez, F. Chu-Koo, J. Porto & C. García-Dávila (Edits.), *Biología de las Poblaciones de Peces Amazónicos y Piscicultura. Comunicaciones del Segundo Coloquio Internacional de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica (RIIA)*. Manaus, Brasil.

Agudelo, E., Alonso, J. C. & Moya, L. A. (Edits.). (2006). *Perspectivas para el ordenamiento de la pesca y la acuicultura en el área de integración fronteriza colombo-peruana del río Putumayo*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi); Instituto Nacional de Desarrollo (Inade).

Agudelo, E., Alonso, J. & Sánchez, C. (2009). La utilización de los recursos icticos en la Amazonía sur de Colombia: una estrategia de vida, de ocupación y renta. En H. Bernal, C. Sierra & M. Angulo (Edits.), *Amazonía y Agua: Desarrollo sostenible en el siglo XXI*. (págs. 237- 247). Bilbao: Unesco.

Agudelo, E., Salinas, Y., Sánchez, C. L., Muñoz-Sosa, D. L., Alonso, J. C., Arteaga, M. E. y otros. (2000). *Bagres de la Amazonía Colombiana: Un recurso sin fronteras*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Agudelo, E., Sánchez, C. L., Rodríguez, C. A., Bonilla-Catillo, C. A. & Gómez, G. A. (2011). Los recursos pesqueros en la cuenca amazónica colombiana. En C. A. Lasso, F. Gutierrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez & R. Ajiaco (Edits.), *II Diagnóstico de las pesquerías continentales en Colombia: Cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico* (págs. 143-166). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Almeida, M. D., Lacerda, L. D., Bastos, W. R. & Herrmann, J. C. (2005). Mercury loss from soils following conversion from forest to pasture in Rondônia, Western Amazon, Brazil. *Environmental pollution*, 2(137), 179-86.

Alonso, J. C., Camacho, K., Núñez-Avellaneda, M. & Agudelo, E. (2009). Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos. En: Pnuma & OTCA. *Perspectivas del medio ambiente en la Amazonía - Geoamazonía, Serie: GEO*. Panamá.: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma), Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) y Centro de Investigación de la Universidad del pacífico (CIUP).

Alves da Silva, G., Acioli dos Santos, B. A., Alves M., V. & Maia, L. (2001). Arbuscular mycorrhiza in species of Commelinidae (Liliopsida) in the state of Pernambuco (Brazil). *Acta Botanica Brasilica*, 15(2), 155-165.

Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D. & Stribling, J. B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish* (Second Edition EPA 841-B-99-002 ed.). Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

Batista, V., Chaves, M., Faria Jr, C. H., de Oliveira, M. F., da Silva, A. J. & Bandeira, C. (2007). Caracterização socioeconômica da atividade pesqueira e da estrutura de comercialização do pescado na calha Solimões-Amazonas. En Ibama, *O setor pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria da pesca. Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea* (págs. 19-59). Manaus.

Bianciotto, V., Lumini, E., Lanfranco, L., Minerdi, D., Bonfante, P. & Perotto, S. (2000). Detection and Identification of Bacterial Endosymbionts in Arbuscular Mycorrhizal Fungi Belonging to the Family Gigasporaceae. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(10), 4503-4509.

Biggs, B. & Cooper, A. (1985). The use of periphyton in the monitoring of water quality. (R. Pridmore, Ed.) *Biological Monitoring in Freshwaters: Proceedings of a seminar*, 117-142.

Bobadilla, C. & Rincón, C. (2008). Aislamiento y producción de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de compost obtenido a partir de residuos de plaza. I. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana.

- Bogotá-Gregory, J. (2012). *Informe final de contrato*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).
- Bogotá-Gregory, J. D. & Maldonado-Ocampo, J. A. (2006). *Peces de la Amazonía. Biota colombiana*, 7(1), 55-94.
- Bold, H. C. (1973). *Morphology of Plants*. Harper Row. New York, USA.
- Cárdenas, D., Barreto, J. S., Arias, J., Murcia, U., Salazar, C. A. & Méndez, O. (2007). *Caracterización y tipificación forestal de ecosistemas en el municipio de Inírida y el corregimiento de Cacahual (departamento del Guainía): una zonificación forestal para la ordenación de los recursos*. Bogotá, Colombia: Sinchi-CDA.
- Cárdenas, L. D., Castaño A, N. & Cárdenas Toro, J. (2011). *Plantas introducidas, establecidas e invasoras en Amazonía colombiana*. Bogotá, Colombia.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).
- Cardona, G. (2004). *Evaluación de la diversidad de actinomicetos en suelos bajo tres coberturas vegetales en el sur del trapezio amazónico colombiano. Tesis Maestría en Ciencias Biológicas*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Chalmers, N. R. (1996). *Monitoring and inventoring biodiversity. Collections data and training*. En F. Di Castri & T. Yuenés (Edits.), *Biodiversity, science and development* (págs. 171-179). Cambridge: CAB International, University Press.
- Coesel, P. (1996). *Biogeography of desmids*. *Hydrobiologia* (336), 41-53.
- Crecchio, C., Gelsomino, A., Ambrosoli, R., Minati, J. & Ruggiero, P. (2004). *Functional and molecular responses of soil microbial communities under differing soil management practices*. *Soil Biology & Biochemistry*, 36, 1873-1883.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of plants*. New York: University Press.
- Díaz Cárdenas, C., Cardona, G. I., Cárdenas, D. & Peña Venegas, C. P. (2012.). *Composición de las comunidades bacterianas de suelos de bosques húmedos tropicales del departamento de Caquetá de la Amazonía colombiana. Sometido a publicación en la revista Colombia Amazónica*.
- Dinerstein, E., Olsen, D., Graham, D., Webster, A., Primm, S., Book-binder, M. y otros. (1995). *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington D. C., USA: World Bank, WWF.
- Duque, S. R., Ruiz, J. E., Gómez, J. & Roessler, E. (1997). *Zonificación ambiental para el plan colombobrasileño (eje Apaporis-Tabatinga: PAT)*. (IGAC, Ed.) *Limnología*, 69-134.
- Fabré, N. N. & Alonso, J. C. (1998). *Recursos ícticos no alto Ama- zonas: sua importância para as populações ribeirinhas*. *Serie Zoología* (14(1)), 19-21.
- Falkowski, P., Fenchel, T. & DeLong, E. (2008). *The microbial engines that drive Earth's biogeochemical cycles*. *Science* (320), 1034-1039.
- Fernández, O. & Esteves, F. (2011). *Comunidade Perifítica*. (F. Esteves, Ed.) *Fundamentos de Limnologia*. Interciência.

Galvis, G., Mojica, J. I., Duque, S. R., Castellanos, C., Sánchez-Duarte, P., Arce, M. y otros. (2006). *Peces del medio Amazonas: Región Leticia* (Vol. Serie de Guías Tropicales de Campo 5). Bogotá, Colombia: Conservacion Internacional.

Galvis, J., Hugett, A. & Rugge, P. (1979). *Geología de la Amazonía Colombiana*. Boletín de Geología, XXII(3), 3-86.

Giovannetti, M., Sbrana, C., Agnolucci, M., Rinaudo, V. & Avio, L. (2003). Genetic Diversity of Isolates of *Glomus mosseae* from Different Geographic Areas Detected by Vegetative Compatibility Testing and Biochemical and Molecular Analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 616-624.

Graham, L. E. & Wilcox, L. W. (2000). *Algae. Phycology* Lee R. E. 1999. Cambridge University Press, UK. 614 pp. (3th Ed ed.). USA: Prentice-Hall.

Guisande, C., Granado Lorencio, C., Prat, N., Aranguren, N., Andrade, C., Bolívar, A., y otros. (2004). Relative balance of the cost and benefit associated with carnivory in the tropical *Utricularia foliosa*. *Aquatic Botany* (80), 271-282.

Gutiérrez, F., Acosta, L. E. & Salazar, C. U. (2004). *Perfiles Urbanos en la Amazonía Colombiana: Un enfoque para el desarrollo sostenible*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi); Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Colciencias.

Harrier, L. A. (2001). The arbuscular mycorrhizal symbiosis: a molecular review of the fungal dimension. *Journal of Experimental Botany* (52), 469-478.

Hernández, C. J., Hurtado, G., Ortiz, Quebrada R. & Walshburguer, B. T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. En Halffter, *La diversidad biológica de Iberoamérica* (págs. 105-151). México.

Hernández, J. (1984). *Vistazo general sobre la protección de la naturaleza en Colombia*. Inédito. Bogotá.: Instituto Nacional de los Recursos Naturales renovables y del Ambiente (Inderena).

Huber, O., Duno, R., Riina, R., Staffer, F., Pappaterra, L., Jiménez, A., y otros. (1998). Estado actual del conocimiento de la flora en Venezuela. Documentos técnicos de la estrategia nacional de diversidad biológica. Ministerio del Ambiente.

IGAC. (1999). *Paisajes fisiográficos de Orinoquía-Amazonía (ORAM)*. (I. G. IGAC., Ed.) Bogotá, Colombia.

IGAC & CIAF. (1979). *La Amazonía colombiana y sus recursos, Proyecto Radargramétrico del Amazonas (Proradam)*. Bogotá, Colombia: Instituto Geografico Agustin Codazzi (IGAC), Centro Interamericano de Fotointerpretacion (CIAF).

Instituto Alexander von Humboldt (IAvH); Red Nacional de Jardines Botánicos; Ministerio de Medio Ambiente; Asociación Colombiana de Herbarios. (2001). *Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas*. Bogotá D. C.

Instituto Sinchi (2010). *Informes final 2010. Programa Ecosistemas y Recursos Naturales*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Instituto Sinchi (2011). *Informes Final 2011. Programa Ecosistemas y Recursos Naturales*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.

Jørgensen, P. M. & León Yáñez, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. (P. M. Jørgensen & S. León Yáñez, Edits.) St. Louis, Missouri, Estados Unidos: Missouri Botanical Garden Press.

Kremen, C., Colwell, R. K., Erwin, T. L., Murphy, D. D., Noss, R. F. & Sanjayan, M. A. (1993). *Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning*. *Conservation Biology*, 7(4), 796-808.

Lewis, W. J. (2009). *Inland Waters*. Academic Press.

Manjarrés Hernández, A. (2010). *Identificación de especies del Orden Characiformes en dos cuencas colombianas (Amazonas y Magdalena) a través de una metodología estadística de clasificación*. Tesis Msc. Estudios Amazónicos. Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonía, Leticia.

Mantilla Paredes, A. J., Cardona, G. I., Peña Venegas, C. P., Murcia, U., Rodríguez, M. & Zambrano, M. M. (2009). *Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazonía colombiana*. *Revista de Biología tropical/ Internacional Journal of Tropical Biology and Conservation* (57 (4)), 1119-1139.

Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. (1998). *Tropical Diatoms of South America*. *Iconographia Diatomologica* (5), 1-220.

Morán, E. F. (1993). *La ecología humana de los pueblos de la Amazonía* (Trad.). Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.

Moya, N., Domínguez, E., Goitia, E. & Oberdorff, T. (2011). *Desarrollo de un índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia*. *Ecología Austral* (21), 135- 147.

Moyersoen, B. (1993). *Ectomicorizas y micorizas vesiculoarbusculares en Caatinga Amazónica del sur de Venezuela*. *Scientia Guaianae*, 3, 1-33.

Núñez Avellaneda (2011). *Ecosistemas acuáticos de piedemonte y lomerío del departamento del Caquetá*. Informe interno, Instituto Sinchi.

Núñez Avellaneda, M. & Duque, S. R. (2001). *Estudio del fitoplancton en ambientes acuáticos de la Amazonía colombiana*. *Estudios en la Amazonía colombiana*. (C. Franky & C. Zarate, Edits.) 305-335 p.

Núñez Avellaneda (2005). *Fitoplancton de la cuenca del río Putumayo, Amazonía colomboperuana*. Tesis Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonía. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi); Universidad de los Andes (Colombia); Instituto Nacional de Desarrollo (Inade) (Perú).

Peña Venegas, C. P. (2010). *Arbuscular mycorrhizal fungi in the Amazon region*. En M. Pagano (Ed.), *Mycorrhiza: occurrence in natural and restored environments*. (págs. 75-86). New York: Nova Publishers.

Peña Venegas, C. P., Cardona, G. I., Mazorra, A., Arguellez Cárdenas, J. H. & Arcos Dorado, A. L. (2006). *Micorizas Arbusculares de la Amazonía colombiana*. *Catálogo Ilustrado*. Bogotá D. C.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

PeñaVenegas, C. & Arias, J. C. (2009). Las leguminosas amazónicas y su importancia en la recuperación de suelos. *Revista Colombia Amazónica* (2), 161-172.

Peressutti, S. R., Costagliola, M., Artigas, L. F. & Hozbor, C. (2010). Estudio comparativo de la estructura del bacterioplancton en aguas del Mar Argentino mediante el método de pirosecuenciación 454 tag. *Revista Argentina de Microbiología* (42), 288-297.

Philippot, L. & Germon, J. C. (2005). Contribution of bacterial to initial input and cycling of nitrogen in soils. En F. Buscot, *Microorganisms in soils: roles in genesis and functions* (págs. 159-176). Nueva York, USA: Springer.

Pinheiro, M. C., Crespo-López, M. E., Vieira, J. L., Oikawa, T., Guimarães, G. A., Amoras, W. W., y otros (2007). Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages. *Environment International*, 33(1), 56-61.

Pryer, K. M., Shneider, H., Smith, A. R., Cranfill, R., Wolf, P. G., Hunt, J. S. y otros. (2001). Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. *Nature* (409), 618-622.

Quiñonez, L. M. (2006). Flora silvestre. En: Correa, H. D., S. L. Ruiz & L. M. Arévalo. *Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco / 2005-2015. Propuesta Técnica*. Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad. Bogotá - Colombia.

Raven, P. H. & Johson, G. B. (1992). *Biology*. Mosby-Year Book, Inc. St. Louis, Missouri: Third Edition.

Rudas, A. & Prieto, A. (2005). Flórula del Parque Nacional Natural Amacayacu Amazonas. *Monographs in Systematic Botany*, 99, 1-680.

Sala, S. E., Duque, S. R., Núñez-Avellaneda, M. & Lamaro, A. A. (2002). Diatoms from the Colombian Amazon: some species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyceae). *Acta Amazónica*, 32(4), 123-132.

Sioli, H. (1967). Hydrochemistry and geology in the brazilian Amazon region. *Amazoniana* (1(3)), 267-277.

Solano Figueroa, S., Rueda Delgado, G. & Núñez Avellaneda, M. (2011). Macroinvertebrados acuáticos en el Parque Nacional Natural Amacayacu (Amazonas-Colombia): Estudio preliminar para evaluar la integridad biológica. *Revista Colombia Amazónica*, (4), 161-176.

Solano Figueroa, S., Rueda Delgado, G. & Núñez-Avellaneda, M. (2011). Macroinvertebrados acuáticos en el Parque Nacional Natural Amacayacu (Amazonas-Colombia): Estudio preliminar para evaluar la integridad biológica. *Revista Colombia Amazónica*, (4), 161-176.

Souza, F. A., Lima da Silva, I. C. & Berbera, R. L. (2008). Diversidade de Fungos Micorrizicos Arbusculares: Muito mais diversos do que se imaginava. En F. M. Moreira & L. Bussard (Edits.), *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros* (págs. 483-536). Lavras UFLA.

Stevenson, R. J., Bothwell, M. L. & Lowe, R. L. (1996). *Benthic freshwater ecosystems*. San Diego: Academic Press.

Sylvia, D., Fuhrmann, J., Hartel, P. & Zuberer, D. (1998). *Principles and Applications of Soil Microbiology*. New Jersey: Prentice Hall.

Tarazona, H. (2007). *Construyendo Agenda para el departamento del Guaviare: Una construcción colectiva para el Desarrollo Sostenible de la Amazonía colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Vásquez, R. (1997). *Flórula de las reservas biológicas de Iquitos, Perú*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden (63), 1046.

Velandia, D. (2006). *Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a yuca (manihot esculenta sp) en dos regiones de la Amazonía colombiana*. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana.

Vouilloud, A., Sala, S. E., Núñez-Avellaneda, M. & Duque, S. R. (2010). *Diatoms from the Colombian and Peruvian Amazon: the Genera Encyonema, Encyonopsis and Gomphonema (Cymbellales, Bacillariophyceae)*. Revista de Biología Tropical. International Journal of Tropical Biology and Conservation, 58(1), 45-62 C.

Whitton, B. A. & Potts, M. (Edits.). (2000). *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Springer.

Zahran, H. (1999). *Rhizobium-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate*. Microbiology and molecular biology reviews, 4(63), 968-989.

7 Estado de los ecosistemas marinos y costeros en Colombia



Mapa de Indicadores sobre estado de los Ecosistemas Marinos y Costeros (Invemar)

Indicador	Descripción
Calidad del agua marina (ICAM)	Óptima, adecuada, aceptable, inadecuada, pésima; parámetros físicos y químicos (respectivas unidades de medida).
Arrecifes	Indicador de Integridad Ecológica (deseable, bueno, aceptable, regular, no deseable).
Manglares	Número de especies de mangle, cobertura de manglar (ha)/departamento, indicador de extensión -IEmanglar- (ha) e indicador de integridad biológica para manglares -IBIm- (deseable, buen estado, estado regular, estado de alerta, no deseable).
Pastos marinos	Número de especies, cobertura de pastos marinos (ha).
Contaminación agua marina y costera	I). Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos (HDD): concentración ($\mu\text{g/L}$)/Año; II). Plaguicidas. Concentración ($\mu\text{g/L}$)/departamento/tipo de plaguicida; III). Metales pesados: concentración cromo cadmio y plomo ($\mu\text{g/L}$); IV). Microorganismos indicadores de contaminación fecal: concentración coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)/departamento/año.
Instrumentos de planificación para zonas marinas y costeras	I. estado de avance implementación instrumentos de planificación/regiones integrales de planificación y ordenamiento ambiental, estado de avance/ Corporaciones Autónomas Regionales; II. Zonificación manglares (ha)/Entidad-departamento.

7.1 Calidad de las aguas marinas y costeras. El índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM_{PFF})

(Autores: Lizbeth Janet Vivas-Aguas, Silvia Narváez, Julián Betancourt, Luisa Espinosa y Jesús Garay. Instituto Invemar)

Como una de las formas más sencillas de resumir el estado del agua para la Preservación de la Flora y la fauna, se utilizó el Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAM_{PFF}), donde intervienen ocho variables representativas de procesos naturales y antrópicos que pueden afectar el agua: oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, y coliformes termotolerantes. El ICAM se clasifica en cinco categorías de calidad entre cero (0) y cien (100); (Tabla 7-1).

Tabla 7-1. Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas (ICAM_{PFF})

Escala de calidad	Categorías	Descripción
Óptima	100-90	Calidad deseada del agua
Adecuada	90-70	Buenas condiciones y pocas limitaciones
Aceptable	70-50	Conserva buenas condiciones pero pocas limitaciones
Inadecuada	50-25	Presenta muchas limitaciones y desventajas
Pésima	25-0	Las desventajas superan las ventajas

Fuente: (Vivas-Aguas L, 2011)

Para mayor información consultar: http://siam.invemar.org.co/indicadores/ier_icam.jsp

Los resultados de los 327 ICAM_{PFF} calculados en 2010 mostraron que el 8% (26) se mantuvo dentro de la calidad *óptima*, con el mayor número de casos en los departamentos de Sucre, Magdalena y La Guajira, principalmente en la época seca. El 50% (165) mostró condiciones *adecuadas* del agua; el 18% (58) *aceptable*; el 17% (57) *inadecuado*; y el 6% (21) una *pésima* calidad. Esta última condición se encontró en estaciones ubicadas en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Magdalena, La Guajira y Sucre para ambas épocas climáticas.

En la época seca el 14% de los 173 ICAM_{PFF} calculados mostró condiciones *óptimas* del agua, especialmente en los departamentos de Sucre (9), Magdalena (6), La Guajira (5), San Andrés (3) y Bolívar (1) en el Caribe. El 51% de los índices presentaron características *adecuadas* del agua, especialmente en los departamentos de Magdalena (22) en el Caribe; y en Chocó (11), Nariño (11) y Cauca (9) en el Pacífico. El 13% obtuvo una calidad *aceptable*; el 15% *inadecuada* y el 7% una *pésima* calidad del agua, en varias estaciones de los departamentos de Antioquia (las playas de La Martina, Uveros, Turbo y Necoclí, y el Muelle Armada), Atlántico (Boca de Ceniza y playa de Pradomar) y en Bolívar algunas estaciones en la bahía de Cartagena a la altura de Álcas, Astillero naval, frente al emisario, boca caño Correa y en Isla Barú (Figura 7-1 a).

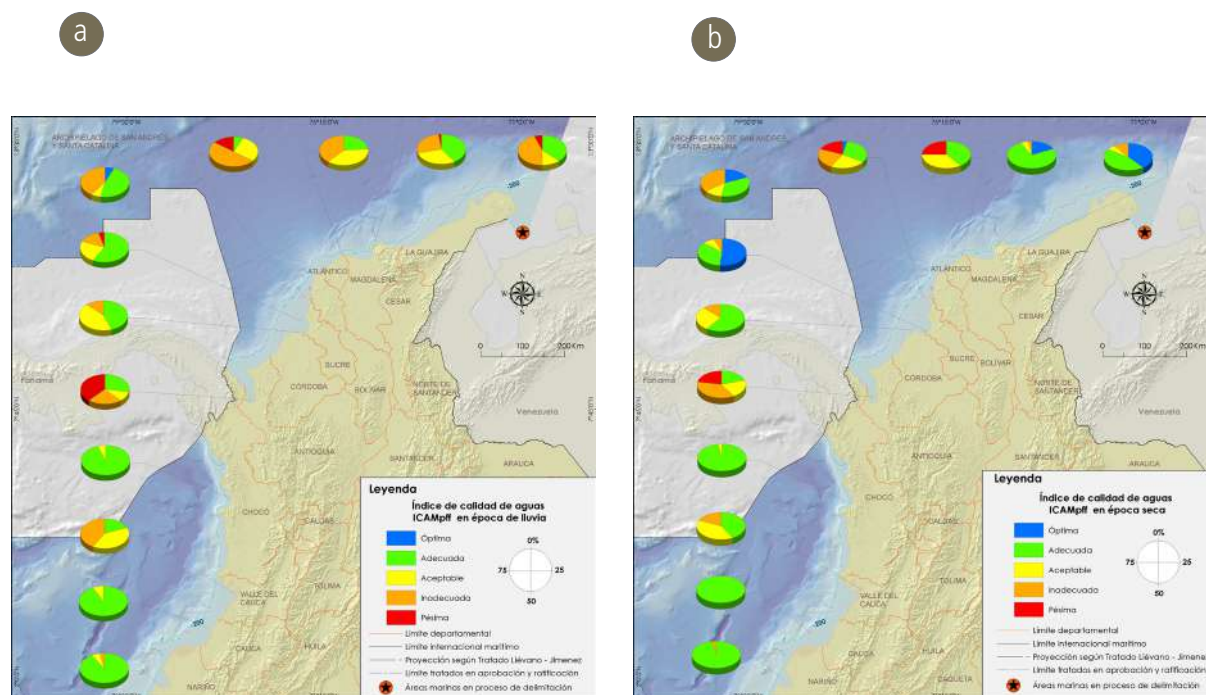
Durante la época de lluvias se observó un cambio en la calidad del agua, ya que de los 173 ICAM_{PFF} calculados, solo el 1% mostró condiciones *óptimas*, lo cual corresponde a dos (2) casos en el departamento de San Andrés. El 50% mostró *adecuada* calidad del agua, el 23% alcanzó una calidad *aceptable*; el 20% *inadecuada* y el 6% una *pésima* calidad del agua en varios sitios de los departamentos de Antioquia (las playas de Arboletes, Necoclí, Totumo y Uveros), Sucre (playa Hotel Montecarlo), Bolívar (Muelle Oceanográfico y Bocachica), Magdalena (muelle de Cabotaje-calle 10) y La Guajira (muelle de Riohacha) (Figura 7-1b). Aunque los porcentajes se mantienen a escala nacional, en algunos departamentos el número de casos de calidad adecuada disminuyó con respecto a la época seca, especialmente en los departamentos de Magdalena (15), La Guajira (5), Atlántico (1) y Bolívar (1) en el Caribe; mientras que en los departamentos del Pacífico la época climática no mostró ningún efecto sobre el resultado del indicador (Figura 7-1).

En la región Pacífica, aunque no se presentaron áreas con *pésima* calidad del agua como en el Caribe, algunas estaciones mostraron características *inadecuadas* en los departamentos del Valle del Cauca (frentes de los ríos Anchicayá y Potedó en la Bahía de Buenaventura); y en Nariño (puente el Pindo y la Sociedad Portuaria en la Bahía de Tumaco). El análisis más detallado muestra que las variables que determinaron los sitios con calidad más deficiente, fueron principalmente los coliformes termotolerantes, ortofosfatos, nitratos y sólidos suspendidos, cuyas concentraciones aumentaron (Invemar, 2011).

En resumen, la presencia del evento “La Niña” produjo un incremento de las precipitaciones por encima del promedio (IDEAM, 2011) en varios departamentos y zonas del país, que condicionó la calidad del agua en algunas estaciones de muestreo, debido a las inundaciones en la cuenca baja de los ríos que favorecieron el aumento del caudal, la escorrentía y las

descargas de aguas ricas en nutrientes, sólidos, coliformes y todo tipo de sustancias contaminantes que drenan desde el continente a la zona costera, las cuales se manifestaron en el aumento del porcentaje de índices con inadecuada y pésima calidad.

Figura 7-1. Estado del agua marino-costera evaluada con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}) en sitios con tendencia al deterioro durante la época seca (a) y lluvia (b) de 2010. Los colores de los círculos representan la proporción de sitios evaluados en determinada calidad de acuerdo con la escala indicativa.



Como alternativas de manejo del estado de contaminación identificado por el ICAM_{PFF} en algunas estaciones, se propone adoptar medidas de seguimiento y control descritas en la Tabla 7-2, para identificar la causa y la fuente o fuentes del deterioro del agua, de manera que sirva para diseñar las medidas de reducción o mitigación del impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado.

Tabla 7-2. Propuesta de medidas que se pueden adoptar según la valoración del indicador (ICAM_{PFF}).
Modificado de (Marín, 2001)

Escala de calidad	Categorías	Medidas a adoptar
Óptima	100-90	Continuar con el monitoreo.
Adecuada	90-70	Caracterización, diagnóstico, verificación.
Aceptable	70-50	Monitoreo y evaluación: fisicoquímicos y tóxicos semestral.
Inadecuada	50-25	Monitoreo /bioensayos/ medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos plan de contingencia trimestral.
Pésima	25-0	Monitoreo y seguimiento /bioensayos/evaluación: Físico-químicos y tóxicos/plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral.

7.2 Estado de los ecosistemas y hábitats marinos y costeros en Colombia

(Autores: Diana I. Gómez-López, Raúl Navas, Johanna C. Vega-Sequeda, Angélica M. Batista-Morales, Alianis M. Orjuela, Carlos A. Villamil, Laura V. Perdomo. Instituto Invemar)

Los principales ecosistemas marinos costeros estratégicos de Colombia (arrecifes coralinos, manglares, pastos marinos, litorales rocosos, playas, estuarios y los recién conocidos arrecifes de profundidad) constituyen las principales fuentes de vida y productividad en los litorales costeros del país. Su biodiversidad intrínseca y exuberante, ha permitido que las distintas comunidades humanas hayan hecho uso de los recursos naturales propios de estos desde tiempos históricos prevaleciendo en algunos casos el uso indebido presentado en el favorecimiento de la introducción de especies exóticas, pérdida o daño del hábitat y en los últimos años, el daño que se ha realizado sobre el medio ambiente en general identificado como cambio climático. Paralelamente a esto, la conversión en los tipos de uso del suelo, las malas prácticas agropecuarias o la alteración y modificación de los sistemas hidrológicos, sumado a las políticas y programas de expansión y desarrollo sectorial (pesquero, turístico, agropecuario, minería, portuario, entre otros), que se planifican y ejecutan sin suficientes consideraciones y manejo ambiental de sus impactos sobre la base natural, son las principales causas de que la pérdida de biodiversidad (entendida en su sentido general de ecosistemas, especies y genes) sea el factor limitante y reductor de los beneficios económicos y ambientales provistos por los ecosistemas. Los datos a nivel mundial sobre la biodiversidad marina son preocupantes ya que se calcula que la tasa de pérdida es 5 veces mayor a la terrestre, según un estudio realizado por el Fondo Mundial de la Naturaleza (World Wildlife Found) quien identifica a 231 especies y sus hábitats en peligro de extinción, amenaza o vulnerable y solo se está hablando de las especies y hábitats conocidos, ya que se estima que millones de especies y relativamente sus ecosistemas están aún por conocerse y se ignora la tasa de pérdida anual de estos, con el tratamiento que estamos haciendo de los recursos hoy día. Otras interacciones que multiplican el efecto de la degradación sobre los ecosistemas, consiste en su interrelación de manera directa, en la que la afectación de cada uno de ellos por separado tiene repercusiones directas en la degradación o reducción de los servicios ecosistémicos generados por otro(s).

Actualmente, en el país se tienen implementados tres sistemas de monitoreo: Arrecifes coralinos (en 16 áreas geográficas del Caribe y Pacífico), Manglares (Ciénaga Grande de Santa Marta) y Pastos marinos (PNN Tayrona y Los Corales del Rosario y San Bernardo) que con avances de conocimiento en grado distinto, se les ha levantado la información primaria mínima con la cual se han elaborado los indicadores de integridad ecológica IIE como herramienta de gestión y seguimiento para los administradores del recurso. A continuación, se presenta una breve reseña de cada uno de estos y los principales avances en cuanto a los Indicadores de Integridad Ecológica.

7.2.1 Arrecifes coralinos

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más importantes, diversos y apreciados del planeta. Se desarrollan en aguas claras de los mares tropicales, donde modifican notablemente el relieve submarino y generan una alta diversidad de hábitats para el asentamiento y proliferación de la vida marina. Los arrecifes coralinos protegen las costas y a ecosistemas adyacentes de la erosión (pastos marinos y manglares); así mismo, le ofrece subsistencia a muchas poblaciones costeras quienes extraen recursos pesqueros de gran valor, como cangrejos, langostas, pulpos, caracoles y peces. Sin embargo, el mayor uso y potencial económico radica en el desarrollo del turismo, por ser destinos por excelencia para miles de personas a nivel mundial. Por su belleza, importancia económica y valor ecológico, los arrecifes coralinos se constituyen como el ecosistema marino emblemático de la humanidad.

Colombia es el único país suramericano que cuenta con arrecifes coralinos en los Océanos Pacífico y Atlántico. Estas áreas abarcan una extensión total de 2.900 km², de los cuales 1.091 km² comprenden fondos con alta cobertura arrecifal (Díaz y

otros, 2000); lo que representa menos del 0,4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding & Blasco, World mangrove atlas. The International Society for Mangrove Ecosystems, 1997). La costa del Pacífico comprende una pequeña fracción (15 km²) distribuida entre la isla Gorgona, la ensenada de Utría, punta Tebada e isla Malpelo (Díaz y otros, 2000). Las áreas arrecifales del Caribe cubren una mayor extensión, dentro de la cual, el 77% se concentra en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados. Otros arrecifes de importancia, se encuentran a nivel continental en los archipiélagos de San Bernardo, Nuestra Señora del Rosario, en la región del Urabá chocoano, en Isla Fuerte y el Parque Nacional Natural Tayrona (Díaz y otros, 2000). Aunque estos arrecifes presentan diferentes estados de conservación, de acuerdo al análisis realizado por el proyecto Reefs at Risk Revisted (Burke, Reyta, Spalding & Perry, 2011), en el cual revisó el estado actual y principales amenazas de origen antrópico de los arrecifes a nivel mundial, se identificaron los arrecifes continentales del Caribe colombiano con un grado de amenaza de medio a alto, mientras que los arrecifes del Pacífico que se encuentran en zonas remotas (isla Gorgona y Malpelo) evidencian un bajo nivel de amenaza.

7.3 Evaluación del estado de los corales. Indicador de Integridad Ecológica de corales

El indicador de integridad ecológica de corales da una idea del grado de estabilidad de los arrecifes analizados, y sobre cuales factores de la integridad definida operan perturbaciones que derivan cambios de dicha estabilidad. "La integridad ecológica refleja la capacidad de un sistema para mantener sus atributos estructurales y funcionales de forma equiparable a las condiciones prístinas, a un estado deseado o de referencia; la integridad alcanza su máximo cuando la red de componentes y procesos es completa y funcionando óptimamente" (Batista-Morales & Gómez, 2010) adaptado de (Karr, 1991); (Campbell, 2000).

Se operativiza a la integridad ecológica de arrecifes coralinos como una variable latente al agregar dentro de un promedio geométrico ponderado a indicadores simples de estructura (Cobertura coral vivo Cob_cor, Cobertura de algas (Cob_alg), R_Invert, Rugosidad (Rug)), funcionalidad (abundancia de especies comerciales (A_Com), riqueza de invertebrados (R_Invert), presencia de *D. antillarum* (Dant); riqueza de peces R_peces) y salud (% de incidencia de enfermedades coralinas (S_Enfer) y Blanqueamiento coralino (S_Blanq)). Los indicadores simples son calificados de un estado no deseable a deseable respectivamente en un intervalo entre 1 y 5, lo criterios para su calificación fue estadístico mediante percentiles, apoyado con literatura, calificaciones dadas en otras iniciativas y discutido con un panel de expertos. Son posteriormente agregados mediante un promedio geométrico ponderado. Los pesos de los indicadores simples se obtienen a partir del cálculo de la jerarquía que cada uno posee en la representación de las correlaciones entre las variables en un análisis de componentes principales, para los componentes que posean un auto valor superior a 1 (Tabla 7-3).

$$IIEC = \left(\prod_{i=1}^n X_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{\sum w_i}}$$

$$= \frac{ECV^{wCV} EAlg^{wAlg} ERC^{wRC} ERP^{wRP} ERI^{wRI} ERu^{wRu} SB^{wB} SE^{wE} fDa^{wDa} FAH^{wAH} FAC^{wAC}}{wCV + wAlg + wRC + RP + RI + wRu + B + E + Da + AH + AC}$$

En ausencia de una variable, esta no se considerada en el cálculo en el numerador y no se tienen en cuenta sus pesos de ponderación tanto como exponente del numerador como en la sumatoria en el denominador. Se permite la ausencia de solo una variable a excepción de Cobertura coral vivo.

Tabla 7-3. Escala de valoración del Indicador de Integridad Ecológica de áreas coralinas (IIEC) y valores de ponderación de indicadores simples que lo componen.

Valor total de IIEC	Interpretación
< 1,5	No deseable
≥ 1,5 y < 2	Estado de Alerta
≥ 2 y < 3	Estado Regular
≥ 3 y < 4	Buen Estado
≥ 4	Deseable

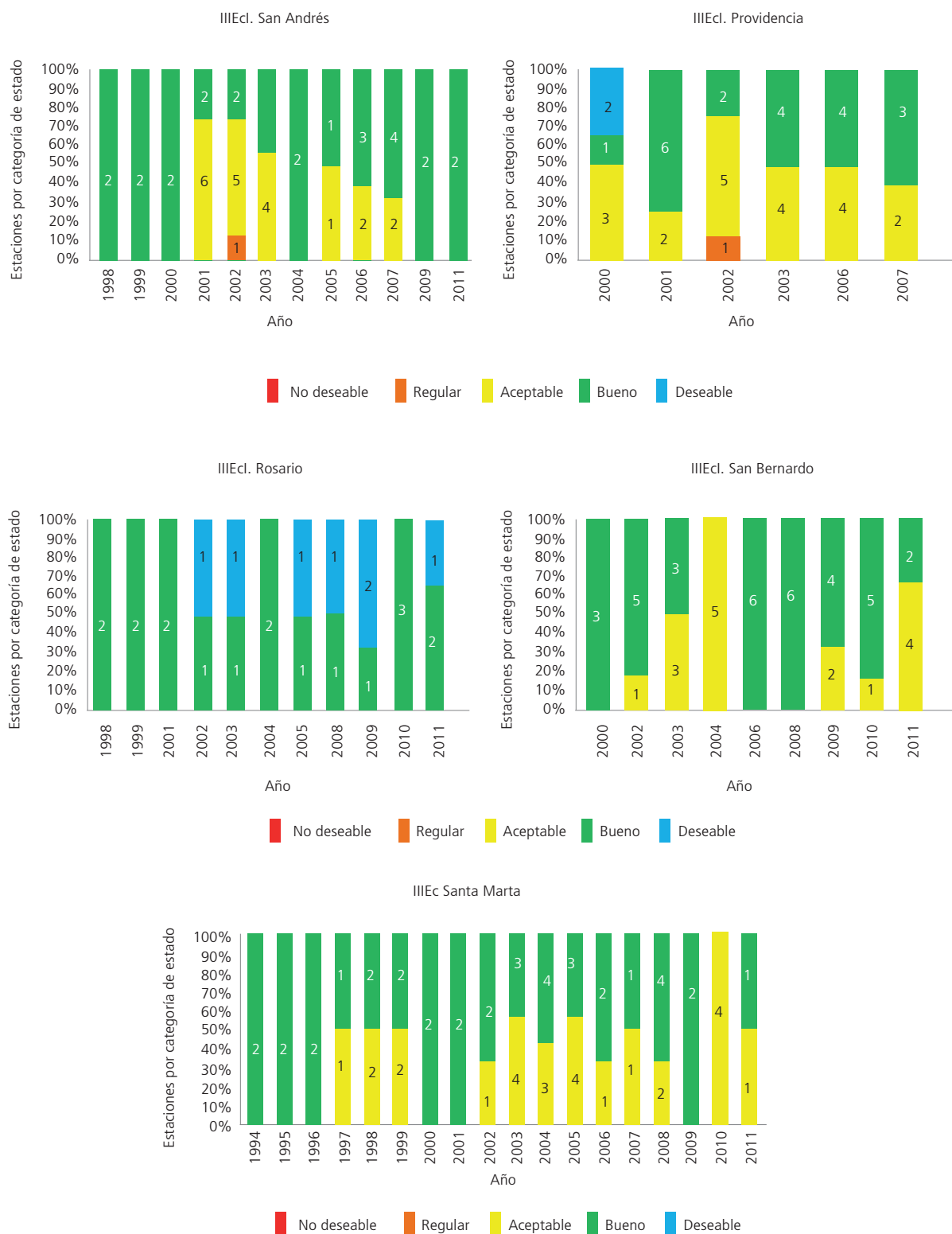
Convenciones y valor de ponderación			
E	CV	% Coral vivo duro	0,6
E	Alg	% Macroalgas	0,10
E	RC	Riqueza especies de coral duro	0,09
E	RI	Riqueza de megainvertebrados	0,06
E	RP	Riqueza Peces	0,06
E	Ru	Índice Rugosidad	0,09
S	B	% Colonias blanqueadas	0,13
S	E	% Colonias enfermas	0,07
F	Da	Densidad D. antillarum	0,06
F	AC	Abundancia peces comerciales	0,10
F	AH	Abundancia peces herbívoros	0,09

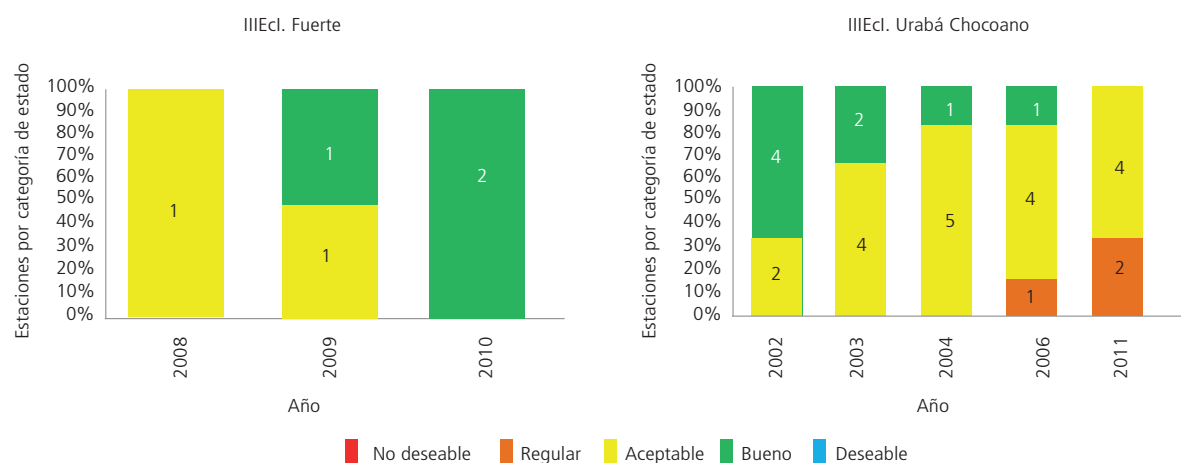
En esta primera presentación del indicador, se presenta un recuento histórico del comportamiento del estado de los arrecifes acorde a esta metodología, la fuente de información es la base de datos Sismac-Invermar del Sistema de monitoreo coralino de Colombia (Simac). Debido a que el número de estaciones que son monitoreadas por año pueden variar, la interpretación de las gráficas debe darse con precaución.

En el análisis gráfico (Figura 7-2) de tendencia en el tiempo a lo largo de los monitoreos realizados, se evidencia que la mayoría de las estaciones a lo largo de los diferentes periodos evaluados se encuentran entre las categorías de aceptable y buen estado. El área de islas del Rosario fue la que presentó una tendencia de buen y deseable estado para sus estaciones. Las áreas de Islas de San Bernardo, Isla Fuerte y Santa Marta han venido registrando algunas estaciones en buen estado y otras en aceptable. Las áreas de Isla de San Andrés, Isla de Providencia y Urabá presentaron una mayor proporción de estaciones en estado aceptable y registraron al menos alguna estación durante el monitoreo cayendo a un estado regular.

El origen de variabilidad en el indicador para las áreas en general se presenta por afectación de la mayoría de los indicadores evaluados estructurales y funcionales, especialmente en relación de la abundancia de especies comerciales y abundancia de herbívoros. Las variables de cobertura coralina viva y riqueza de peces presentaron en general la menor variación, y fueron las variables mejor calificadas.

Figura 7-2. Frecuencia relativa con la que las diferentes estaciones por área caen en alguna categoría de integridad o estado de los arrecifes coralinos para las áreas donde se realiza el monitoreo Simac para los diferentes años en los que este se ha llevado a cabo en cada una.





Esta es la primera vez que se presenta el indicador, para su correcta interpretación es importante remitirse al protocolo para la obtención del indicador en: Invemar, 2010. Hoja Metodológica Indicador de Integridad de Áreas Coralinas. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Invemar. Santa Marta D.T.C.H., Colombia, 42 p. El periodo reportado comprende a los años 1994- 2011.

La producción de la información para poblar este indicador presenta algunas constricciones. Su principal factor limitante son los costos de campo y que requiere personal especializado. El error inherente asociado a la toma de datos en campo y la pérdida de información, hacen menos robusto al indicador. La fecha con la que se toman los datos puede afectar el indicador para variables que dependen de condiciones climáticas como son los episodios de blanqueamiento y palidamiento, así como el porcentaje de cobertura de macroalgas, sería ideal que la temporada para la toma de datos para una estación en particular fuese la misma en todos los años.

Es importante señalar, que el indicador se calcula para cada estación y es una variable puntual que no puede ser promediada y/o agregada para una figura geográfica mayor o para el país en general. El indicador está concebido para dar una idea general de las condiciones del área, no permite establecer relaciones de causalidad, aun así puede dar luces a investigaciones orientadas a identificar factores causantes de alteraciones en las variables consideradas con posteriores acciones de mitigación. Es importante desarrollar indicadores de presión sobre este ecosistema que completen la información que ofrece el presente indicador.

7.3.1 Manglares

Los manglares son ecosistemas dominados por asociaciones vegetales de distinto origen taxonómico, localizados en las zonas costeras tropicales y subtropicales, en áreas protegidas de las fuertes olas, playas lodosas, fangosas o cenagosas. Las especies de mangle, poseen adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, que les permite establecerse en ambientes anóxicos, con influencia salina, inundados e inestables (Cintrón-Molero, 1983); (Sánchez-Páez H. y otros, 2000). Entre las adaptaciones más importantes se destacan la presencia de raíces zancos para colonizar sustratos inestables, la tolerancia al agua salada o salobre sin ser plantas halófitas obligadas, la presencia de estructuras denominadas lenticelas o neumatóforos para la respiración y las estrategias reproductivas como la presencia de semillas vivíparas (propágulos) que pueden flotar durante largos periodos (Field, 1997).

Su importancia y función se puede dimensionar desde el punto de vista científico, ecológico, paisajístico, recreacional, social y económico, ya que brindan refugio, alimentación y anidación a diversas especies de mamíferos, aves reptiles y anfibios; son importantes en la regulación del clima local, los vientos y las precipitaciones; brindan protección a la línea de costa, son importantes en la retención y fijación de suelos y sedimentos evitando la erosión y formando barreras que reducen la energía del

oleaje; ofrecen protección contra tormentas, huracanes y tsunamis; son importantes para el almacenamiento y reciclaje de nutrientes y fijación de grandes cantidades de carbono, entre otras (Field, 1997), (Sánchez-Páez H. y otros, 2000). Además de los beneficios mencionados anteriormente, los manglares representan fuentes importantes de recursos para el aprovechamiento forestal, hidrobiológico y la obtención de diversos productos (Guevara-Mancera y otros, 1998) (Ulloa-Delgado y otros, 1998).

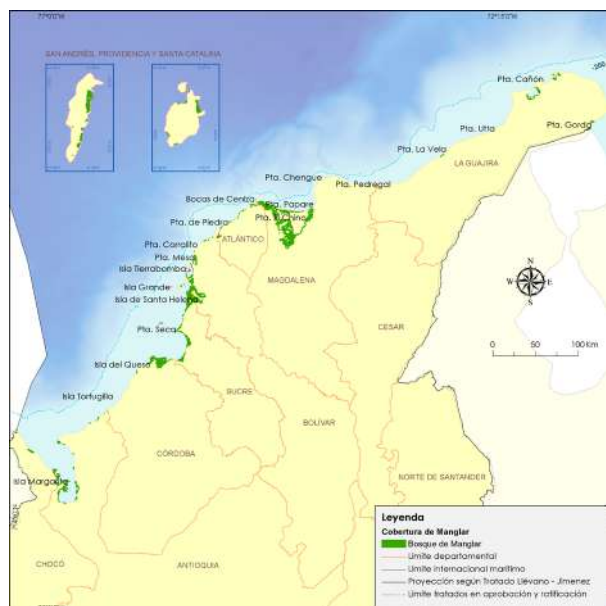
A pesar del sin número de bienes y servicios que brindan dichos ecosistemas, las zonas costeras donde estos bosques se desarrollan, han sido afectadas por diversas causas de origen antrópico y natural, de los cuales en Colombia se destacan: los procesos de expansión urbana, el cambio del uso del suelo para la agricultura, acuicultura y ganadería, las construcciones civiles, drenaje y canalización, y la disposición de residuos industriales y domésticos. Estos factores se traducen en la degradación de cientos de hectáreas de manglar, generando para estos ecosistemas la pérdida de biomasa, la desaparición de nichos ecológicos, la disminución de la biodiversidad, la formación de playones salinos, la reducción del porte y vigor de los árboles, la sedimentación de los cuerpos de agua y el incremento de la erosión costera (Sánchez-Páez, Ulloa-Delgado & Tavera-Escobar, 2004).

En Colombia se desarrolla un total de nueve especies de mangle, cinco de ellas crecen en el Caribe colombiano, destacándose *Avicennia germinans* (L.) Stearn. y *Rhizophora mangle* L., como las especies más abundantes y de mayor uso, seguidas por *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F., *Conocarpus erectus* L. y *Pelliciera rhizophorae* Triana y Planchon (Spalding, Blasco & Field, 1997). Esta última, solo está registrada para la Bahía de Cispatá en Córdoba, el sector occidental de la Bahía de Barba-coas en Bolívar, Ciénaga Honda y de Pablo en Sucre, el golfo de Morrosquillo y en la Bahía de Marirrí en el Urabá antioqueño (Figura 7-3) (Ministerio del Medio Ambiente, 2002b). En el Pacífico colombiano, además de las especies mencionadas para el Caribe, se hallan *Rhizophora harrisonii* Leechman, *Rhizophora racemosa* Meyer, *Avicennia bicolor* Standley y *Mora oleífera* (Triana) Ducke (Spalding, Blasco & Field, 1997).

En el Caribe, como consecuencia de la poca penetración de la marea, se observan manglares limitados a estrechas franjas a lo largo de la línea intermareal, formando parches dentro de lagunas, ciénagas, estuarios y desembocadura de ríos y quebradas. Las mayores coberturas se establecen en las desembocaduras de los grandes ríos, principalmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, el canal del Dique y los deltas de los ríos Sinú y Atrato (Sánchez-Páez, Ulloa-Delgado & Tavera-Escobar, 2004). Por el contrario los manglares del litoral Pacífico se distribuyen en una franja casi continua, desde el río Mataje al sur de Nariño, hasta las cercanías de cabo Corrientes (Chocó), donde se interrumpe para continuar con pequeñas franjas en el golfo de Tribugá, Ensenada de Utría y en Juradó, en límites con Panamá (Von Prah, 1989) (Figura 7-4).

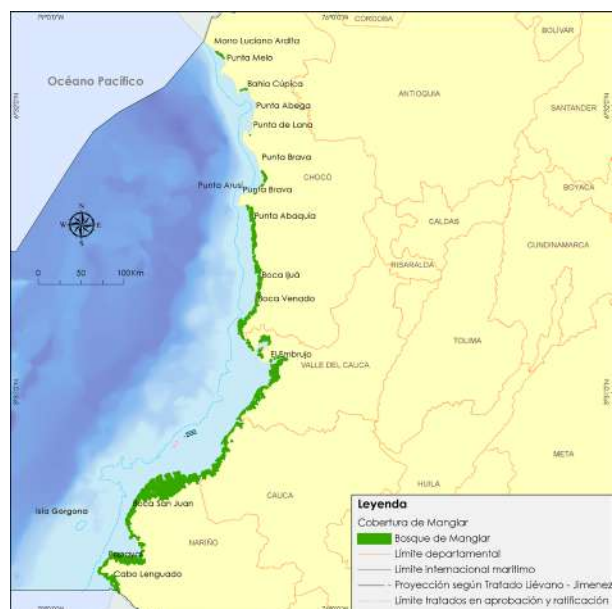


Figura 7-3. Ubicación espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano



Fuente: LABSIS Invermar¹³.

Figura 7-4. Ubicación espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano



Fuente: LABSIS Invermar.

¹³ Laboratorio de Sistemas de Información de Invermar (<http://www.invermar.org.co/pcontenedores.jsp?idcont=519&idsub=182>)

• Cobertura de los bosques de manglar

En la Tabla 7-4 se reporta la cobertura de manglar más actualizada de cada departamento, generada principalmente en estudios de diagnóstico y zonificación realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), aprobados o en proceso de aprobación por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Es importante resaltar que la mayoría de coberturas se encuentran desactualizadas y que solo se cuentan con valores recientes para algunos sitios en particular. De acuerdo a los datos disponibles, actualmente el país cuenta con 267.835,7 hectáreas de manglar, de las cuales 73.709.7 se ubican en el Caribe y 194.126 en el Pacífico.

Tabla 7-4. Cobertura de manglar en Colombia

Departamento	Cobertura (hectáreas)	Sectores incluidos	Fuente
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	209,7	San Andrés Providencia y Santa Catalina.	(López-Rodríguez y otros, 2009)
La Guajira	2.514	Alta, Media y baja Guajira.	(Gil-Torres y otros, 2009)
Magdalena	37.812	Ciénaga Grande de Santa Marta, Parque Nacional Natural Tayrona.	(MAVDT, 2007); (Cadavid y otros, 2011)
Atlántico	613	Ciénaga Ma Ilorquín, Puerto Velero, cerro Punta de Piedra, Astilleros y Bocatocino.	(Invemar, 2005)
Bolívar	7.001	Delta de Canal del Dique y Bahía de Barbacoas, Insulares, Bahía de Cartagena, Caños y lagunas de Cartagena, Complejo cenagoso de la Virgen y Juan Polo y Zona Norte.	(MMA, 2002)
Sucre	9.303	Ciénagas: Benítez, Puertobelo, Pablo, Punta comisario-Punta San Bernardo y Boca Matuna.	(Sánchez-Páez, Ulloa-Delgado & Tavera-Escobar, 2004)
Córdoba	9.264	Zona deltaico estuarina de río Sinú, golfo de Morrosquillo.	(MMA, 2002); (Solano y otros, 2009)
Antioquia	6.993	Municipios de Arboletes, San Juna de Urabá, Necoclí y Turbo.	(MAVDT, 2009)
Total Caribe	73.709,7		
Chocó	41.315	Juradó, Bahía Solano, Nuquí, bajo Baudó, Litoral de San Juan.	(Codechocó-IIAP, 2010)
Valle del Cauca	31.374	San Juan, Bahías Málaga y Buenaventura, Dagua, Anchicayá, Raposo, Mayorquín, Cajambre, Yurumanguí, Naya.	(Restrepo, 2007)
Cauca	18.691	Guapi, Timbiquí y López de Micay	(López-Rodríguez y otros, 2009); (López-Rodríguez y otros, 2009); (Sierra-Correa y otros, 2009)
Nariño	102.746	Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, La Tola, El Charco, Santa Bárbara de Icuandé y PNN Sanquianga.	(MAVDT, 2007); (MAVDT, 2010)
Total Pacífico	194.126		
Total Colombia	267.835,7		

7.3.2 Evaluación del estado de los manglares del país

Evaluar de forma sistemática, periódica y rigurosa el estado de los ecosistemas estratégicos del país (entre ellos los manglares), debe ser una actividad prioritaria, ya que dicha información se constituye en un instrumento necesario para la toma de decisiones de manejo. Los indicadores ambientales, además de organizar, analizar y sintetizar la información, permiten a través de resultados sencillos determinar rápidamente el estado actual de los ecosistemas e identificar posibles impactos y tensiones naturales o antrópicos a los que podría estar sometido.

Para el caso de los ecosistemas de manglar se diseñaron dos indicadores de estado: Indicador de Extensión (Invemar, 2009b) e Indicador de Integridad Biológica (Invemar, 2012), ambos poblados y probados con información multitemporal y multiespacial recolectada en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

7.3.2.1 Cambios en la cobertura de manglar: Indicador de Extensión de manglares (IEmanglar)

Este es un indicador simple que muestra la cobertura de manglar y su variación en el tiempo. Permite cuantificar la pérdida, estabilidad o incremento de las áreas de manglar en un periodo definido. El procedimiento detallado para el cálculo del Indicador se encuentra en (Invemar, 2009b), disponible en <http://siam.invemar.org.co/indicadores>.

Si bien el indicador se encuentra formulado, no se tiene información sistemática a nivel nacional para poblarlo tal como la indica su hoja metodológica, ya que actualmente el país no cuenta con un sistema de monitoreo de todas las áreas de manglar.

• Estudio de caso Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM):

Para el área de la CGSM se cuenta con la interpretación y procesamiento multitemporal de imágenes satelitales obtenidas en el marco del proyecto ejecutado por Invemar, titulado “Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta” (Cadavid y otros, 2011). La Tabla 7-5 contempla la información necesaria para el cálculo del indicador según el análisis de imágenes realizado en los años 2009 y 2011.

Tabla 7-5. Indicador de extensión Caso “Ciénaga Grande de Santa Marta”

Valor Línea base Año - 2009 (ha)	Valor Año - 2011 (ha)	Estable (ha)	Pérdida (ha)	Ganancia (ha)	IEmanglar (ha)
34.470	37.443	34.130	317	3.313	2.973

Fuente: (Cadavid y otros, 2011).

La información aquí presentada es tomada principalmente de estudios de diagnóstico y zonificación y hace referencia a coberturas de bosques de manglar en los niveles nacional, regional y departamental, en su mayoría desactualizadas. Casi todos los estudios generalmente mencionan una creciente presión a estos ecosistemas causada principalmente por el desarrollo de la infraestructura vial, turística, urbana e industrial; el aprovechamiento intensivo de los recursos hidrobiológicos y maderables, y el cambio de uso de la tierra por la expansión de la frontera agrícola y ganadera, no obstante, la mayoría de estos impactos no son evaluados integralmente y mucho menos monitoreados. Por tanto, se hacen necesario diseñar, desarrollar y ejecutar medidas como planes de manejo y sistemas de monitoreo sistemáticos, periódicos y rigurosos, preferiblemente discriminados por zonas de recuperación, preservación y uso sostenible, los cuales brinden la información suficiente para la toma de decisiones a los niveles local, regional, departamental y nacional.

El análisis del indicador muestra que para el periodo de estudio (entre 2009 a 2011) la cobertura de mangle presentó una Estabilidad del 99% (34.130 hectáreas) y una Pérdida por mortalidad del 1% (317 hectáreas). En adición, se presentó una Ganancia de mangle de 3.313 hectáreas, que representan el 9,6% de la cobertura del 2009. Con la información anterior es posible calcular el IEmanglar, que no es más que la diferencia en cobertura entre los dos años considerados, el cual al ser positivo indica el aumento neto de la cobertura del bosque en 2.973 hectáreas, reflejando el proceso de recuperación actual del sistema.

7.3.2.2 Cambios en el estado de los bosques de manglar: Indicador de Integridad Biológica para manglares (IBIm)

El índice de Integridad Biológica del bosque de manglar es un indicador de estado y refleja las características estructurales, funcionales y de salud, comparándolo con un ecosistema que se hallara en un estado deseado (de referencia), o consigo mismo en periodos posteriores (Tabla 7-6).

Este índice permite integrar variables estructurales (densidad y área basal), de salud/calidad (salinidad) y de función (regeneración natural), que se califican según su incidencia positiva o negativa en el estado del ecosistema y que se integran con ponderaciones definidas, de acuerdo a funciones de promedio geométrico ponderado y posterior validación con expertos.

$$IBI_M = \left(\prod_{i=1}^n X_i^{a_i} \right)^{\frac{1}{\sum_i a_i}}$$

$$= \frac{(\text{Densidad}^{0.2} \times \text{Área Basal}^{0.3} \times \text{Altura total}^{0.2} \times \text{Salinidad}^{0.15} \times \text{Reclutamiento}^{0.15})}{\sum \text{pesos}}$$

(pesos: 0.2 + 0.3 + 0.2 + 0.15 + 0.15)

En ausencia de una variable, esta no se considera en el cálculo en el numerador y no se tienen en cuenta sus pesos de ponderación tanto como exponente del numerador como en la sumatoria en el denominador. Se permite la ausencia de solo una variable a excepción de densidad o área basal.

Tabla 7-6. Escala de valoración del Indicador de Integridad Biológica (IBIm)

Valor total de IBIm	Interpretación
< 1,5	No deseable
≥ 1,5 y < 2	Estado de Alerta
≥ 2 y < 3	Estado Regular
≥ 3 y < 4	Buen Estado
> 4	Deseable

Este índice permite integrar variables estructurales (densidad y área basal), de salud/calidad (salinidad) y de función (regeneración natural), que se califican según su incidencia positiva o negativa en el estado del ecosistema y que se integran con ponderaciones definidas, de acuerdo a funciones de promedio geométrico ponderado y posterior validación con expertos. El cálculo permite la ausencia de solo una variable a excepción de densidad o área basal (Invemar, 2012) disponible a través de la página: <http://siam.invemar.org.co/indicadores>.

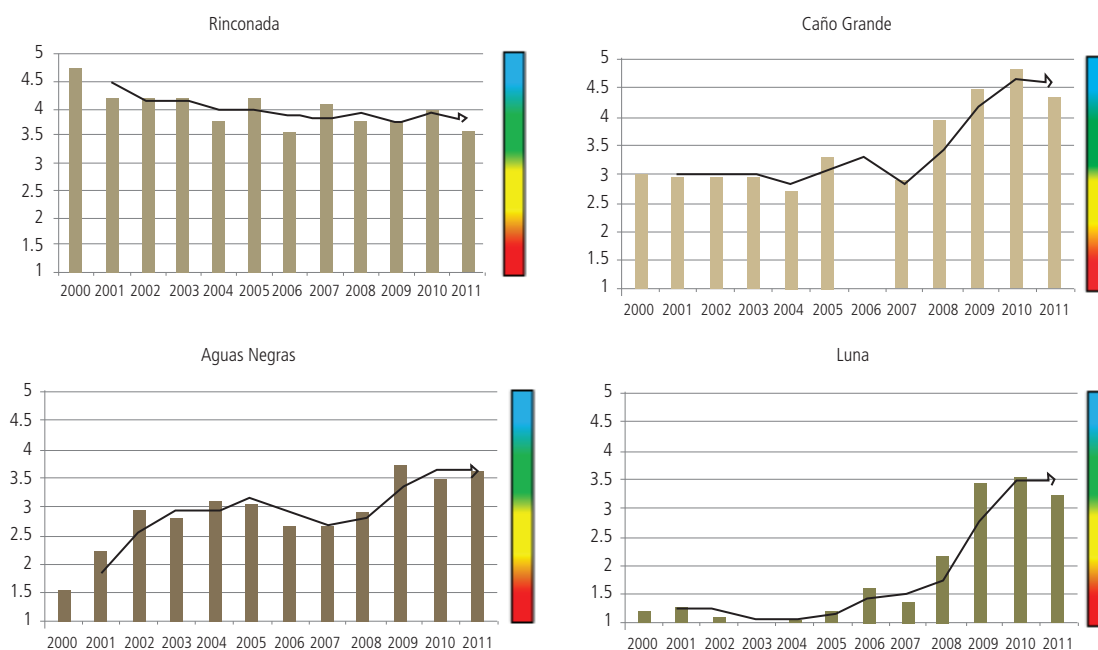
Igual que en para el IEmanglar, la mayor limitación para el uso de este indicador es la falta de datos generados a partir de un sistema de monitoreo nacional que contemple la recolección rigurosa de información sistemática, de calidad y oportuna que permita el cálculo periódico con resultados confiables para ser tomados en cuenta en la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de estos ecosistemas.

• Estudio de caso Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)

Para los manglares de la CGSM se cuenta con mediciones sistemáticas y periódicas de variables estructurales y funcionales (Cadavid y otros, 2011) que permite el cálculo del IBI_m . Dichas mediciones hacen parte del Proyecto *"Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta"*.

Se evaluaron cuatro sectores con diferente grado de intervención de la CGSM entre los años 2000 y 2011, con el fin de observar cambios en el estado de cada uno de los bosques a partir del análisis del IBI_m (Figura 7-5).

Figura 7-5. Serie histórica del Indicador de Integridad Biológica de manglares (IBI_m) en cuatro sectores de la CGSM



El cálculo del IBI_m permite observar cambios positivos y negativos en el estado de los rodales los cuales se relacionan con variaciones de las condiciones ambientales, que en el caso de la CGSM, la de mayor influencia es la salinidad. De los sectores presentados en este ejercicio, Rinconada, fue definido como de referencia por presentar el menor grado de perturbación en la zona, representado en su mayor desarrollo estructural y rangos óptimos de salinidad para el desarrollo del mangle (<50). A pesar de su buena condición, al calcular el IBI_m , el estado del rodal presenta cambios de una categoría deseable en el año 2000, hasta un buen estado en el año 2011 (Figura 7-5), como resultado del déficit hídrico que se presentó en el 2001 y la consecuente reducción del área basal por mortalidad de árboles de gran porte en el año 2004 y 2006.

En el sector Caño Grande, los bosques de mangle pasaron de un estado regular (2000-2004) a un estado deseable en el 2010, dicha mejora fue favorecida por una reforestación realizada por el Proyecto Manglares de Colombia en el año 2000 y la apertura de un microcanal que aseguró el suministro permanente de agua y lavado continuo de sales, facilitando el crecimiento de los individuos. En la actualidad la recuperación del bosque se ha visto afectado por la extracción masiva y selectiva de árboles, disminuyendo su densidad y área basal, lo cual se refleja en la reducción en el valor del indicador para el último año (Figura 7-5).

Los bosques de mangle presentes en los sectores Aguas Negras y Luna, ostentan un mejoramiento en su estado (Figura 7-5), en estos, el establecimiento y desarrollo del mangle ha estado limitado por la alta salinidad y por la baja oferta de propágulos, sin embargo el cambio en las condiciones ambientales ha favorecido el desarrollo de los árboles desde la orilla de la Ciénaga de Pajalal hacia los playones internos, incrementado gradualmente el área basal durante los últimos años.

La información aquí presentada es tomada principalmente de estudios de diagnóstico y zonificación y hace referencia a coberturas de bosques de manglar en los niveles nacional, regional y departamental, en su mayoría desactualizadas. Casi todos los estudios generalmente mencionan una creciente presión a estos ecosistemas causada principalmente por el desarrollo de la infraestructura vial, turística, urbana e industrial; el aprovechamiento intensivo de los recursos hidrobiológicos y maderables, y el cambio de uso de la tierra por la expansión de la frontera agrícola y ganadera, no obstante, la mayoría de estos impactos no son evaluados integralmente y mucho menos monitoreados. Por tanto, se hacen necesario diseñar, desarrollar y ejecutar medidas como planes de manejo y sistemas de monitoreo sistemáticos, periódicos y rigurosos, preferiblemente discriminados por zonas de recuperación, preservación y uso sostenible, los cuales brinden la información suficiente para la toma de decisiones a los niveles local, regional, departamental y nacional.

Los indicadores de estado de los ecosistemas de manglar, son herramientas que permiten evaluar la dinámica de los mismos a nivel local y ofrecer resultados a niveles de organización mayor, no obstante, la falta de información de calidad, resolución y frecuencia adecuadas podría ocasionar incertidumbre en los resultados, es por esto que es prioritario formular protocolos para recolectar información primaria y unificar el uso y análisis de los indicadores de estado formulados para manglares IEmanglar e IBI_m.

Es necesario que en el Pacífico colombiano se generen mayores esfuerzos de investigación, ya que este contiene el casi el 78% de la cobertura de mangle del país y presentan mayor vulnerabilidad ante eventos de ascenso en el nivel del mar, extracción excesiva de recursos forestales, no forestales e hidrobiológicos, desarrollo y expansión de la frontera urbana y agrícola, entre otros. Además, se deben proponer estudios en el país conducentes a la formulación de proyectos que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de manglar y, al mismo tiempo, puedan generar actividades productivas de beneficio social y económico como, por ejemplo, Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y pago por servicios ambientales. Se recomienda desarrollar un sistema de monitoreo de manglar a nivel nacional, teniendo en cuenta, la homogeneidad de coberturas, representatividad y estandarización de métodos para su posterior análisis. La información obtenida a partir de dichos trabajos será de utilidad para poder realizar el cálculo de los índices con una frecuencia que permita el seguimiento y manejo adecuado de estos ecosistemas.

7.3.3 Pastos Marinos

Los pastos marinos conforman el único grupo representante de las angiospermas marinas que ha evolucionado de la tierra firme al mar y ha desarrollado la capacidad de vivir en el medio marino (Díaz Merlano, Barrios Suárez & Gómez López, 2003). Como ecosistema, cumple importantes funciones ecológicas entre las que se destaca su contribución en la recirculación de nutrientes, estabilizan sedimentos, proporcionan sustrato para la fijación de epífitos y sostiene una compleja red alimenticia que involucra una diversidad de organismos de importancia ecológica y comercial (Randall, 1965); (Ogden, 1980); (Short & Coles, 2001).

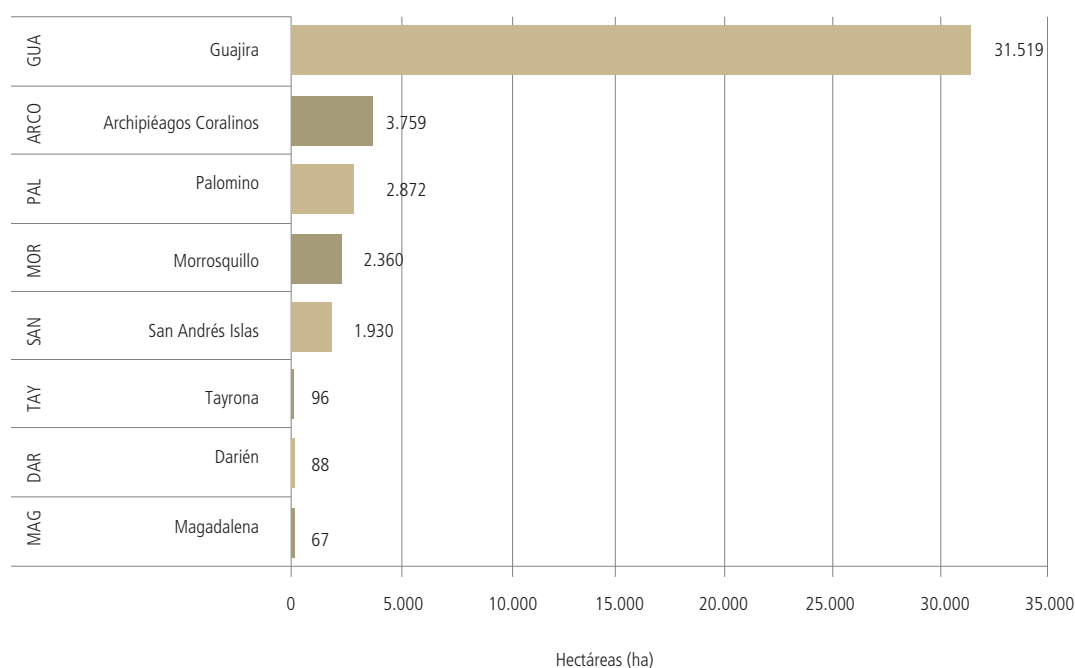
Los pastos marinos son un ecosistema altamente productivo e importante de las zonas costeras que ha sufrido una considerable reducción entre el 30 y el 60% a nivel mundial (Lotze y otros, 2006), (Waycott y otros, 2009). Factores de perturbación como el cambio climático, sobrepastoreo, eutroficación, pero principalmente la contaminación y la extracción física por dragados y otras actividades de origen antrópico, pueden ocasionar daños tan severos en el ecosistema, causando en muchos casos que no pueda volver a restablecerse en el mismo lugar (Zieman, 1975).

Para acceder a información complementaria sobre el estado de conocimiento de los pastos marinos en Colombia en años previos, consultar el learnmc de 2002-2010, los cuales se pueden descargar del sitio web del Invermar a través del enlace: <http://www.invermar.org.co/noticias.jsp?id=2764&idcat=153>.

7.3.3.1 Indicador de cobertura de pastos marinos

La cobertura de las praderas de pastos marinos (Figura 7-6) constituye una herramienta fundamental para estimar, a partir de sensores remotos (e.g. imágenes de satélite), la extensión de este ecosistema. Este es el punto de partida para generar una cartografía indispensable para categorizar por extensión a nivel nacional este tipo de formaciones y permite hacer comparaciones al interior de cada región a lo largo del tiempo, aportando información valiosa de la cobertura de los pastos marinos, con el fin de evaluar cambios en su extensión. Debido a esto, el indicador de extensión de Pastos Marinos se plantea utilizando la teledetección como medio para su calificación o medición. La fuente de información viene de (Invermar, 2009a) para el periodo 2001-2003.

Figura 7-6. Línea base de extensión de pastos marinos para las ecorregiones marino-costeras con una presencia significativa de este ecosistema. MEC = Mapa de Ecosistemas de Colombia. Año línea base 2001-2003



La evaluación inicial de la cobertura de los pastos marinos indica que este ecosistema está prácticamente concentrado en la ecorregión de La Guajira con 31.519 hectáreas, en relación con 42.691 evaluadas. Hasta el momento no se tiene la información necesaria para analizar más a fondo este indicador. En términos del alcance de productos cartográficos de pastos marinos derivados de teledetección, se logra la obtención de localización de parches (presencia/ausencia) y de extensión por obtención de contornos o límites de praderas conformadas para estimación de áreas.

El principal factor limitante es la calidad de la imagen del satélite que se ve afectada por la turbidez del agua y áreas con baja cobertura de pastos marinos. Otro factor limitante, es el error intrínseco del método de estimación, ya que con los años se obtienen valores más precisos, lo que se presta para interpretaciones equivocadas en relación a lo obtenido en las imágenes previas, debido a la baja calidad de la información. Por otro lado, el uso de imágenes satelitales no permite obtener información de composición y estructura (densidad al menos no cuantificable). Además, es imprescindible que el procesamiento de la imagen sea validada con observaciones de campo.

Existen pocos estudios de pastos marinos en el país, por lo que la información que se ha empleado ha sido a partir de estudios puntuales y no se cuentan con trabajos de largas series de tiempo (series históricas) que evalúen la cobertura de los pastos marinos y más aún con el apoyo de sensores remotos. Según lo anterior, es importante dar continuidad y expansión a sistemas de monitoreo anuales (e.g. Seagrassnet), lo cual permitirá tener una aproximación general del estado del ecosistema e información histórica a nivel nacional para la evaluación de este indicador. Adicionalmente, con las actualizaciones periódicas de las imágenes satelitales, se tendrá el registro de la información de la cobertura de los pastos marinos, con el fin de evaluar cambios en su extensión. Para evitar errores en las interpretaciones en las imágenes de satélite de diferentes años, es recomendable realizar una valoración anual empleando la misma metodología como control, adicional a la realizada con los últimos avances tecnológicos.

7.4 Aspectos fisicoquímicos y calidad del medio abiótico marino y costero: Hidrocarburos, metales pesados, plaguicidas y microorganismos de contaminación fecal

(Autores: Lizbeth Janet Vivas-Aguas, Silvia Narváez, Betty Cadavid, Marko Tosic, Julián Betancourt, Juan Pablo Parra, Luisa Espinosa y Jesús Garay. Instituto Invemar).

Las aguas marino-costeras colombianas han mostrado históricamente buenas condiciones en términos de oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad, de acuerdo con los criterios de calidad establecidos por la legislación colombiana (MinSalud, 1984) para la preservación de la vida acuática. No obstante, entre la época lluviosa de 2010 y seca de 2011 las características fisicoquímicas del agua estuvieron afectadas por el fenómeno de La Niña que alteró el clima nacional desde mediados de 2010, ocasionando un aumento significativo de las lluvias en las regiones Caribe, Andina y Pacífica haciendo que la temporada seca de mitad de año no se presentara (IDEAM, 2010), la cual se extendió hasta el 2011, generando un marcado aumento en los niveles de los ríos y escorrentías a la zona costera (IDEAM, 2011).

Las concentraciones de oxígeno disuelto fluctuaron entre 0,4 y 11,5 mg/L, con cambios relevantes comparados con años anteriores, debido al aumento en la proporción de estaciones por debajo del límite de 4,0 mg/L (MinSalud, 1984) en los departamentos de Magdalena, Antioquia, Sucre, Bolívar y la isla de Providencia en el Caribe y en algunos sitios de Nariño y la bahía de Buenaventura en el Valle de Cauca en Pacífico. El pH osciló entre 5,35 y 9,03, las aguas más ácidas se midieron en la Bahía de Buenaventura en la épocas de lluvias de 2010, por el aumento en la entrada de aguas continentales con pH inferiores al criterio para la preservación de fauna y flora según el Decreto 1594 (6.5-8.5 unidades; (MinSalud, 1984). La temperatura superficial osciló entre 23,1 y 33,9 °C y se mantuvo en los rangos históricos de las aguas marinas y costeras del

país (Invemar, 2011). La salinidad osciló entre 0,1 y 38,2°C, una variación amplia, sin embargo esta variación es normal para los ecosistemas costeros que reciben aportes continentales que disminuyen la salinidad del mar adyacente a la costa. Cabe anotar que, se midió un valor extremo de 55,8 en la Ciénaga de Balboa en el departamento del Atlántico, en época seca de 2011 que coincidió con un dato similar (60,7) en la misma época del año anterior, los cuales se atribuyen al escaso nivel de la columna de agua en esta ciénaga.

Los sólidos suspendidos totales (SST) oscilaron entre 0,8 y 4.850 mg/L, mostrando variaciones entre las épocas climáticas en algunos departamentos del Caribe y Pacífico. En Antioquia, Magdalena, Sucre y Nariño se encontraron concentraciones más altas en la época de lluvias, mientras que en Bolívar, Atlántico, La Guajira, Cauca y Valle del Cauca los niveles más altos se presentaron en la época seca. Los mayores aportes de SST se transportaron por los ríos de Antioquia (B. Currulao: 4.850 mg/L), Atlántico (río Magdalena: 336 mg/L), Córdoba (río Sinú: 120 mg/L), Bolívar (C. Matunilla: 462 mg/L) y Nariño (144,6-205,6 mg/L). Aunque la variación de SST puede depender de las condiciones específicas del día de muestreo como la lluvia, los resultados 2011 fueron superiores a los promedios históricos del monitoreo (Invemar, 2011), lo cual se atribuye al aumento de las precipitaciones en el territorio nacional.

Los nutrientes inorgánicos disueltos (nitrato, nitritos, amonio y fosfatos) aumentaron los aportes en época de lluvias de 2010 en comparación con la época seca de 2011. En el caso de los fosfatos las concentraciones fluctuaron entre 0,7 y 9.300 µg/L, con los valores más altos en Antioquia (río Volcán: 9.300 µg/L), Magdalena (Muelle Cabotaje: 63-5 µg/L), Sucre (caño Francés: 417 µg/L), Bolívar (caño Lequerica: 300 µg/L), y La Guajira (río Tomarrazón: 217,2 µg/L). Por otro lado, las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (NID = nitratos + nitritos + amonio) fluctuaron entre 1,87 y 6101 µg/L con los máximos valores también en Antioquia (Playa Arboletes: 6.101 µg/L y Boca Volcán: 4.226 µg/L), Magdalena (Muelle Cabotaje: 2.454 µg/L) y Atlántico (río Magdalena, Base Naval: 1.077).

En algunos departamentos y zonas como el Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena), las islas del Rosario (Bolívar), de San Bernardo (Sucre) y San Andrés y Providencia, donde las concentraciones de nitrógeno y fósforo fueron superiores a los valores de referencia para la conservación de arrecifes de coral (NID 14,0 µg/L y fosfatos 3,1 µg/L, (Lapointe, 1997)), es necesario tener particular atención ya que pueden afectar la dinámica de estos ecosistemas marinos por favorecer el florecimiento excesivo de macroalgas en detrimento de los corales.

7.4.1 Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos (HDD)

Las concentraciones de HDD oscilaron desde valores no detectables hasta 392 µg/L, donde el 7% de los datos superaron el valor de referencia propuesto por (Unesco, 1984) de 10 µg/L para aguas contaminadas por hidrocarburos con alto riesgo para la biota; el 4% estuvo entre 5 y 10 µg/L considerado un valor alto según la escala de (Marín, 2001), pero aún no contaminante, lo cual representan una alerta para tomar decisiones que impidan su incremento en el agua; y el 89% restante fue inferior a 5 µg/L que representan una baja contaminación o no constituyen un riesgo para el ambiente. Las estaciones que mostraron mayor alerta se encontraron en los departamentos de Sucre (caños Francés y Zaragocilla), Córdoba (playa San Bernardo del Viento y río Sinú) y Valle del Cauca (bahía de Buenaventura, frente al río San Juan y el río Anchicayá; (Tabla 7-7). Estos resultados advierten la necesidad de implementar actividades de mitigación de residuos de hidrocarburos en estas zonas, mantener el monitoreo en aguas y eventualmente monitorear los sedimentos, ya que los resultados demuestran que hay una entrada constante de HDD al medio marino, que podría deberse a la actividad portuaria, puerto petrolero, expendios de combustibles, residuos oleosos de aceites de motor y vertimientos de aguas residuales domésticas o industriales.

Tabla 7-7. Concentraciones de HDD medidos en aguas marinas y costeras de Colombia entre 2010 y 2011. Redcam

Departamento	Estación	Lluvia 2010	Seca 2011
Sucre	Caño Francés	392,42	52,7
	Caño Pechelin	15,04	188,0
	Caño Zaragocilla		193,0
	Coveñas Coquerita	59,82	16,5
	Golfo 7	13,54	1,08
	Golfo F. Berrugas	17,02	5,1
	Hotel Montecarlo	6,64	30,1
	Hotel Playa Mar	4,16	17,1
Córdoba	Ciénaga La Soledad	2,92	20,2
	F. Agrotijo		23,4
	F. Tinajones	1,66	22,5
	La Loma		22,4
	Ostional		26,4
	P. Venados		11,3
	Río Sinú	3,92	36,2
	San Bernardo	56,72	18,5
Valle del Cauca	Bahía Buenaventura (003)	15,1	0,88
	F. San Juan	10,7	0,27
	R. Anchicayá	10,1	3,9

7.4.2 Residuos de plaguicidas

En Colombia muchos compuestos de plaguicidas organoclorados fueron prohibidos desde la década de los años 70 y 80 (DDT, BHC y lindano prohibidos en 1978, el endrin en 1985 y el aldrin, hepatacloro, dieldrin y clordano en 1988). No obstante, mediante la Resolución 010255 de 1993 del Ministerio de Salud, se autorizó el uso provisional de lindano como parasitocida y DDT para combatir la malaria hasta disponer de sustitutos. Quizás por esta razón, en la actualidad se siguen encontrando residuos en el agua que pueden generar riesgo para los ecosistemas según los niveles de referencia de la NOAA (Buchman, 2008). Igualmente, su presencia y tendencia descendente hacen suponer que se están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio debido a su persistencia.

Desde el año 2009, se inició el monitoreo de plaguicidas de uso actual. Entre estas moléculas se encuentran el diuron, diazinon, clorotalonil, metil paration, bromacil, clorpirifos, fenaminfos, cis y transpermetrina que se utilizan en diversos cultivos en el país. De este nuevo grupo se han detectado concentraciones de moléculas en algunos departamentos del Caribe y Pacífico colombiano que están por encima de los niveles de referencia de la NOAA (Buchman, 2008); (Tabla 7-8), sin embargo la mayoría de los resultados son no detectables por la técnica y no representan riesgo para los organismos acuáticos.

Tabla 7-8. Residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados detectados en aguas costeras de Colombia entre el 2009 y 2010

Departamento	Localización	DDT	Endosulfan	Metil paration	Clorpirifos
San Andrés y Providencia	Sector sur Providencia				98
Guajira	Río Ranchería	7,4			
	Muelle Riohacha	6,0			
	Cabo de la Vela	7,5			
	F. Cañas			57,5	
	F. Palomino			19,75	
	R. Cañas			37,13	
Magdalena	Río Guachaca	9,9			
Atlántico	B. Clarín			20,35	
	Las Flores			31,84	
	Ciénaga de Balboa	19,5	109,3	21,90	
Bolívar	Desemb. Canal del Dique				38,8
	Boya Corelca				31,6
	Bahía Cartagena				19,3
	Ciénaga de la Virgen		20,0		
	Alcalis			59,11	
	Frente Emisario			19,04	
	P. Bocagrande			48,70	
Guajira	Río Cañas			32,3	
	Frente a río Cañas			65,9	
Córdoba	Río Sinú		91,9		
	Frente río Sinú				91,3
	Moñitos				91,3
	Frente Agrotijo	6,5	17,7		
	Brazo Caño Grande – Ciénaga Ostional		25,9		
Antioquia	Desemb. río León				80,0
	Desemb. río Currulao	5,6			55,0
	Desemb. río Guadalito	5,8	16,3		99,0
Nariño	R. Mejicano			17,39	
	Bocana Tumaco			17,64	
Nivel de referencia para efectos agudos en aguas marinas (Buchman, 2008)		65	17	Nd	11

7.4.3 Metales pesados

En cuanto a los metales pesados cromo (Cr), cadmio (Cd) y plomo (Pb), en la gran mayoría de las estaciones las concentraciones estuvieron por debajo de los límites de detección de la técnica analítica. En aquellos sitios donde fueron detectables, las concentraciones no superaron los valores de referencias para efectos agudos de la NOAA (Cd 40 µg/L y Pb 210 µg/L;

(Buchman, 2008)), y del límite máximo permisible de la legislación de Brasil (Cr 50 µg/L: (Conama, 1986)), con excepción de algunas estaciones de la Bahía de Cartagena, en las cuales persisten concentraciones de Cr y Pb por encima de dicha referencia, como consecuencia de la diversidad de actividades industriales y económicas que se llevan a cabo en la zona y los aportes del Canal del Dique. Aunque en términos generales el monitoreo de estos metales pesados no superó los valores de referencia, es necesario iniciar el monitoreo en sedimentos ya que estos pueden reflejar con mayor precisión el grado de la contaminación de las áreas identificadas donde se detectan estos metales.

7.4.4 Microorganismos indicadores de contaminación fecal

La calidad de los cuerpos de agua empleados para actividades recreativas resulta fundamental para el desarrollo del turismo local, nacional e internacional y por ello el monitoreo de indicadores de contaminación fecal es importante. La presencia de coliformes en las aguas recreativas hace suponer la presencia de patógenos, capaces de generar enfermedades, que pueden transmitirse durante la natación, el baño y otras actividades de contacto o ingestión involuntaria de agua, y causar variedad de afecciones tales como gastroenteritis, patologías respiratorias, dermatológicas e infecciones en oídos, nariz y garganta (Hose, Gordon, McCullough, Pulver & Murray, 2005), además los riesgos aumentan cuando el tiempo y número personas expuestas es mayor (OMS, 2003).

De acuerdo al criterio de la legislación colombiana admisible para contacto primario de coliformes termotolerantes (CTE) < 200 NMP/100 mL (MinSalud, 1984), los departamentos del Caribe que mayor número de casos de riesgo presentaron para realizar actividades como baño y natación fueron: Antioquia (11/11), Sucre (13/18) y Atlántico (7/12). En menor proporción se detectaron casos de riesgo en La Guajira (4/10), Córdoba (3/10), Magdalena (4/35), San Andrés y Providencia (2/19) y Bolívar (1/12). De estos departamentos, las playas de Antioquia (Arboletes, Necoclí y Turbo) y Sucre (Coveñas: Coquerita, Punta Piedras, Puerto Viejo, Hotel Montecarlo, Hotel Playa Mar y Francés) históricamente han presentado de manera repetitiva condiciones insuficientes de calidad ((Invemar, 2011); Tabla 7-9), debido a las descargas de aguas residuales y escorrentías que llegan directamente a las zonas de baño (Vivas-Aguas y otros, 2010). En el Pacífico, el mayor número de casos se presentó en el Valle del Cauca (12/20) y en menor proporción Chocó (2/7) y Nariño (1/10), mientras que en el Cauca, Isla Gorgona no presentó ningún caso de riesgo para los bañistas en este periodo. Las playas de estos departamentos con mayor concentración de CTE fueron Sala Honda en Nariño y Frente al Muelle Juanchaco Ladrilleros y Hotel Bocana en el Valle del Cauca.

Tabla 7-9. Concentración de coliformes termotolerantes medidos en las playas de Antioquia, Sucre, Nariño y Valle del Cauca entre la época lluviosa de 2010 y seca de 2011. Los valores en negrilla sobrepasan el límite establecido (<200 NMP/100 mL) para aguas recreacionales (MinSalud, 1984)

Departamento	Playa	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	
		Lluvias 2010	Seca 2011
Antioquia	Arboletes	33.000	2.000
	Uveros	3.500	
	Necoclí	1.100	330
	Totumo	13.000	330
	Martina	230	330
	Turbo	500	790

Departamento	Playa	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	
		Lluvias 2010	Seca 2011
Sucre	Coveñas Coquerita	17.000	3.300
	Coveñas P. Viejo	130	1.300
	Coveñas Puntepiedras	40	240
	Hotel Montecarlo	3.800	490
	Hotel Playa Mar	1.005	110
	P. Francés	280	350
	Isla Palma	240	22
	P. Berrugas	16.000	20
	Punta Rincón	490	330
Nariño	Sala Honda	130	16.000
Valle del Cauca	Frente al Muelle Juanchaco Ladrilleros	41	66.000
	Hotel Bocana	24.000	31

7.5 Avances en planificación, protección y acciones de adaptación al cambio climático en las zonas marinas y costeras

(Autores: Milena Hernández Ortiz, Pilar Lozano, Ángela C. López, Carolina Segura, Anny P. Zamora, Instituto Invermar)

En las zonas costeras se generan importantes procesos ecológicos, económicos, culturales e institucionales que requieren una planificación y manejo orientado a armonizar el uso del espacio y de los recursos naturales. Es así como el conocimiento de la dinámica de los problemas y su tratamiento particular, participativo y dinámico mediante el Manejo Integrado de Zonas Costera (MIZC) (Steer y otros, 1997), se asume como eje central y organizativo para la toma de decisiones enfocada a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica marina y costera (CDB, 1992).

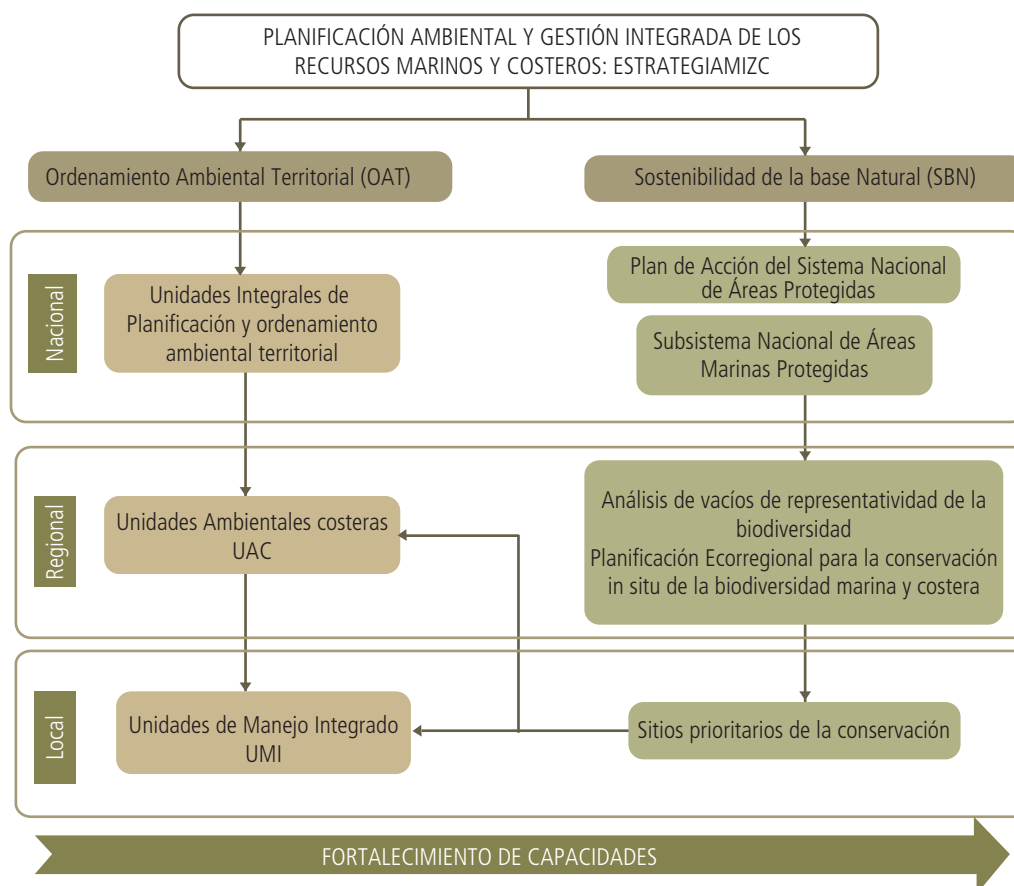
La implementación del MIZC como herramienta para el desarrollo sostenible de las zonas marinas y costeras y como fundamento de planificación ambiental territorial, es una estrategia reconocida a nivel mundial desde la convención de río de Janeiro (1992), el mandato de Jakarta de la convención de Diversidad Biológica (1995) y más recientemente en la convención de Johannesburgo (2002).

Por lo cual, frente a los compromisos adquiridos por Colombia ante estos convenios y los actuales conflictos de uso y manejo desordenado de los recursos marino costeros, se ha avanzado en la adopción del MIZC, como marco articulador de la gestión sostenible y desarrollo e investigación marina, con la adopción de la "Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia" (Pnaoci), la cual responde a la necesidad de articular el desarrollo institucional, territorial, económico y sociocultural del ambiente oceánico y costero y del país frente a los retos futuro de una forma integral. De igual manera, el país en busca de una economía que garantice un mayor nivel de bienestar, plantea como estrategia el "Aprovechar el Territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible" (DNP, 2007), el cual plantea las metas y acciones requeridas para proteger y aprovechar los sistemas naturales, sus bienes y servicios como sustento para el desarrollo.

Los procesos MIZC desarrollados entre Institutos de Investigación en Ciencias del Mar, Corporaciones Autónomas Regionales, actores locales y otros agentes gubernamentales y no gubernamentales han permitido analizar las implicaciones del desarrollo, los conflictos de uso, guiar el fortalecimiento de las instituciones, las políticas y la participación local a la toma de decisiones; y al mismo tiempo han apoyado la sostenibilidad ambiental sectorial, mediante lineamientos ambientales para el desarrollo de actividades productivas en la zona costera. Estos procesos en algunos casos, ya se han compatibilizado con los planes de Ordenamiento Ambiental Territorial (OAT) y por otro lado han estado en concordancia con ejercicios de planificación para identificación de áreas prioritarias de conservación, donde estos últimos, apoyan el establecimiento de regiones integrales de planificación y OAT con responsabilidades claramente definidas (MMA, 2001), en donde por ejemplo, mediante el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), permite dar un sustento técnico-científico y mayor responsabilidad a los gobiernos regionales y locales para asumir metas de conservación (Figura 7-7).

Es así como la Sostenibilidad ambiental y el OAT constituyen la base para el MIZC, y complementariamente permiten definir las prioridades de manejo y pautas ambientales para áreas específicas, aportando a los planes de desarrollo, ordenamiento territorial, gestión ambiental, en el orden departamental y municipal, así como a los planes de manejo de los consejos comunitarios y los planes de vida de la comunidades indígenas.

Figura 7-7. Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia



Tomado de (INVEMAR, 2010)

7.5.1 Planes de manejo integrado en las Unidades Ambientales Costeras

Como lo define la Pnaoci, Colombia tiene tres regiones integrales de planificación y ordenamiento ambiental (Región Caribe Insular, Región Caribe Continental y Oceánica y Región Pacífica) con características únicas y especiales, las cuales han sido representadas y subdivididas en Unidades Ambientales Costeras (UAC), cada una de ellas son parte del territorio nacional que se identifican como prioritarias para su manejo integrado.

Este proceso ha ido avanzando en conjunto con las entidades del SINA, la academia, ONG, y consejos comunitarios, entre otros y ha permitido abordar la planeación marino-costera e incorporar los lineamientos del MIZC al OAT, los cuales se enmarcan en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 "Prosperidad para todos", específicamente en el capítulo 6 del programa: "Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo" (DNP, 2011). De igual manera, responde a los principios y objetivos de la "Visión Colombia II Centenario: 2019", y su estrategia de aprovechamiento sostenible de los recursos marino-costeros para el desarrollo integral del territorio (DNP, 2007). Complementando lo anterior, la Tabla 7-10 muestra los avances en la implementación de los instrumentos de planificación por cada una de las UAC (1999-2011).

Tabla 7-10. Estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UAC.

Nombre de la unidad integral	Nombre de la UAC Y UA	Estado de avance					
		Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Lineamientos	Reglamentación	Esquema institucional
Unidad integral de planificación caribe insular	UAC - Caribe insular						
Unidad integral de planificación caribe continental y oceánico	UAC - alta Guajira						
	UAC - vertiente norte Sierra nevada de Santa Marta						
	UAC-Magdalena *						
	UAC - estuarina del río Sinú y el golfo de Morrosquillo						
	UAC - Darién						
	UA - Caribe oceánico **						
Unidad integral de planificación pacífico	UAC - alto Chocó						
	UAC del frente del río Baudó - río Docampadó						
	UAC Málaga – Buenaventura						
	UAC-Ilanura aluvial del sur						
	UA - Pacífico oceánico **						

Nota:

*En la UAC Magdalena los avances han sido parciales para ciertas áreas de la zona costera.

**En las UA Oceánicas los avances han sido hasta la etapa de caracterización usando básicamente modelación ecológica. Sin embargo, falta integración de mayor información y análisis especial en ciertas áreas.

7.5.2 Ordenamiento de manglares

El desarrollo de actividades en torno a la planificación de las zonas marinas y costeras en Colombia se ha venido fortaleciendo en especial para los ecosistemas estratégicos, caso particular lo tienen los ecosistemas de manglar, los cuales debido a su importancia ecológica y social han sido objeto desde hace 17 años de un marco regulatorio particular orientado a su conservación y uso sostenible, a través de las Resoluciones 1602/95 y 020/96, del hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible (MADS), donde el Invemar ha apoyado los procesos de ordenamiento ambiental en los departamentos del Cauca, La Guajira, San Andrés y Atlántico.

Estas experiencias en zonificación de manglares en la costa Caribe y Pacífico de Colombia, se han hecho haciendo énfasis en el análisis de su problemática y contempla los componentes metodológicos que se consideraron para la realización de la propuesta de zonificación. El desarrollo metodológico que se adelantó está acorde con los requerimientos establecidos en la normatividad colombiana, bajo las Resoluciones Nos. 0924 de 1997, 233 de 1999, 0694 de 2000 y 0721 de 2002 (Tabla 7-11).

Tabla 7-11. Avances en el proceso de ordenamiento de los manglares en Colombia (Invemar, 2010)

Entidad	Avances			
	Caracterización y diagnóstico	Zonificación	Plan de manejo	Implementación
Codechocó**				
Corpourabá	X	X	X	
Corpoguajira*	X	X		
CRC*	X	X		
Corponariño*	X	X		
Carsucre	X	X		
Coralina*	X	X		
Corpamag				
CRA	X	X		
CVS	X	X	X	
CVC	X	X		
Cardique	X	X		

Nota:

*Zonificación y plan de manejo pendientes de aprobación por MADS.

** Caracterización y diagnóstico para el golfo de Tribugá.

7.5.3 Diseño e implementación del subsistema de áreas marinas protegidas en Colombia

Parte de las acciones que entran a fortalecer los procesos de MIZC en las UACO, son los avances en la planificación de AMP, y el desarrollo de planes de manejo en ecosistemas estratégicos caso manglares. Ambos se constituyen en herramientas de soporte para el MIZC, al aportar elementos en sus diferentes etapas: 1. Aportan con información de línea base para la caracterización y diagnóstico, 2. Contribuyen a la zonificación ambiental de las UACO, pues permiten la identificación de áreas de protección, y para el caso de los ecosistemas áreas para uso sostenible; 3. Aportan en la identificación de estrategias de manejo específicas a las AMP y los ecosistemas estratégicos.

En el marco las acciones que en Colombia se han desarrollado para el fortalecimiento del Sistema de Áreas Protegidas en Colombia (SINAP), desde hace 10 años, el país se ha dado a la tarea de desarrollar y posicionar el tema de las áreas marinas protegidas, y avanzar en el “Diseño e implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia”; proceso que ha sido liderado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costera (Invemar), en conjunto con entidades nacionales como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Parques Nacionales Naturales.

El desarrollo de esta propuesta se enmarca en los compromisos internacionales adquiridos por Colombia en el Convenio sobre Diversidad Biológica, entre los cuales se estableció que para el 2012 se esperan tener sistemas representativos, efectivos y completos de áreas marinas protegidas a nivel regional y nacional, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos; y en el ámbito nacional responde a las directrices de la “Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia”, en la cual se estableció como meta el establecimiento a nivel nacional y regional del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP).

En este proceso, se ha avanzado en la identificación de sitios prioritarios de conservación y al diseño de redes de áreas marinas protegidas con el fin de contribuir a la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera, lo cual ha aportado insumos importante para la consolidación del SAMP. La identificación de dichos sitios ha sido posible mediante la metodología de planificación ecorregional donde se seleccionaron objetos de conservación representativos, se definieron metas de conservación y amenazas que podían incidir con la conservación de estos objetos. Los sitios prioritarios de conservación definidos incluyen: sitios de agregación de peces, moluscos y crustáceos, sitios de anidamiento, reproducción o alimentación de especies, presencia de especies amenazadas, entre otros ecosistemas importantes por albergar una gran diversidad ((Alonso y otros, 2008), (Invemar, TNC, CI & UAESPNN, 2009)).

La consolidación del SAMP tiene como objetivo “Promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad marina y costera en las regiones Caribe y Pacífico a través del diseño e implementación de un Subsistema Nacional de Áreas Protegidas Marinas (SAMP) financieramente sostenible y bien manejado”, para lo cual se plantea el desarrollo de los siguientes componentes:

- Desarrollar un marco legal, institucional y operacional con el fin de facilitar la eficacia y la eficiencia de los objetivos de manejo de las AMP nacionales y regionales,
- Definir un marco financiero que garantiza la sostenibilidad del SAMP, a través del fortalecimiento de las fuentes actuales de financiación y la inclusión de nuevas opciones financieras,
- Aumento de la capacidad institucional e individual para el manejo del SAMP gestión (formación y monitoreo),
- Aumentar la población colombiana y la comunidad internacional, que están sensibilizadas y conscientes de la importancia de la conservación de la biodiversidad marina y costera y acerca de la existencia y papel del SAMP.

En total, se contribuirá a la protección de más de 8,4 millones de hectáreas de ecosistemas costeros y marinos.

La propuesta para la consolidación del SAMP en Colombia, se desarrolla en el periodo 2011-2015, y además de las entidades antes mencionadas, se cuenta con la participación de entidades como las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible costeras, Organizaciones No Gubernamentales como Conservación Internacional, WWF, TNC y Marviva y el sector privado. En Colombia la Agencia implementadora del mismo es el PNUD.

• Conclusiones subsistemas de áreas protegidas marinas

El avance en la aplicación de las estrategias de manejo para las UAC establecidas en la PNAOCI muestra un significativo desarrollo, la mayoría de ellas tienen progresos (excepto la UAC del Frente del río Baudó - río Docampadó), se ha avanzado un 60% hasta el diagnóstico y un 40% de las UAC llega a lineamientos de manejo. Es un reto importante considerando las disposiciones establecidas en la Ley 1450 de 2011 del Plan Nacional de Desarrollo, en las que se establece la nueva jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible costeras hacia el área marina (artículo 208) y la responsabilidad de estas Autoridades de realizar los planes de manejo en las Unidades Ambientales Costeras (UAC) de su jurisdicción.

Los áreas de manglar del total de las CAR costeras del país, Cardique, Carsucre, CVS, Corpourabá y CVC cuentan con estudios de zonificación o planes de manejo aprobados o en ejecución, por otro lado Corponariño, Coralina, CRC y Corpoguajira ya realizaron los estudios tendientes al ordenamiento de los manglares de su jurisdicción y su aprobación se encuentra en trámite por el MADS. Con los estudios realizados por las aún falta el 67% de la cobertura de manglar del país por zonificar y la formulación de sus planes de manejo (Invemar, 2010). Es necesario aunar esfuerzos de investigación para continuar con el proceso de ordenamiento y manejo de los manglares del país, es importante anotar que un 79% se encuentran en el Pacífico y su vulnerabilidad ante eventos de ascenso en el nivel del mar, extracción excesiva, expansión de la frontera urbana y agrícola es alta.

En el marco de los instrumentos de planificación para las zonas marinas y costeras, la consolidación del SAMP, se constituye en una estrategia que contribuirá a la conservación de la biodiversidad en estas áreas, y permitirá fortalecer su manejo ambiental a través de un marco normativo y operativo apropiado, el desarrollo e implementación de mecanismos financieros para su sostenibilidad, la generación de capacidades y la generación de conciencia sobre la importancia de las AMP.

7.6 Protección de ecosistemas marinos y costeros, planes de manejo de manglares

(Autores: Alianis M. Orjuela, Carlos A. Villamil, Laura V. Perdomo, Instituto Invemar)

A partir de la Resolución 1602 de 1995, en la cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia, se ha venido trabajando en la realización de estudios de diagnóstico y zonificación de los manglares del país, lográndose a la fecha 261.828 hectáreas de manglar zonificadas o en proceso de aprobación, de las cuales 67.002 se encuentran en el Caribe y 194.825 en el Pacífico. De la totalidad de áreas de manglar zonificadas el 44% corresponden a Zonas de Preservación, el 32,2% a Zonas de Uso Sostenible y el 23,8% a Zonas de Recuperación. El único departamento que no cuenta con el diagnóstico y zonificación de los manglares de su jurisdicción aprobado o en proceso de aprobación es Magdalena, las áreas actualmente zonificadas se incluyen como áreas protegidas ya que hacen parte del sistema de Parques Nacionales de Naturales. Las áreas zonificadas en los departamentos de Sucre, Córdoba y Valle del Cauca contemplan adicionalmente, formaciones vegetales asociadas y otros tipos de coberturas, con el propósito de garantizar el funcionamiento ecosistémico (Tabla 7-12) y (Figura 7-8).

A nivel nacional, las mayores extensiones de bosques de mangle en preservación se encuentran en los departamentos de Nariño y Magdalena y corresponden al Parque Nacional Natural Sanquianga (42.771 hectáreas), al Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta (12,18 hectáreas) y el Vía Parque Isla Salamanca (8.555 hectáreas).

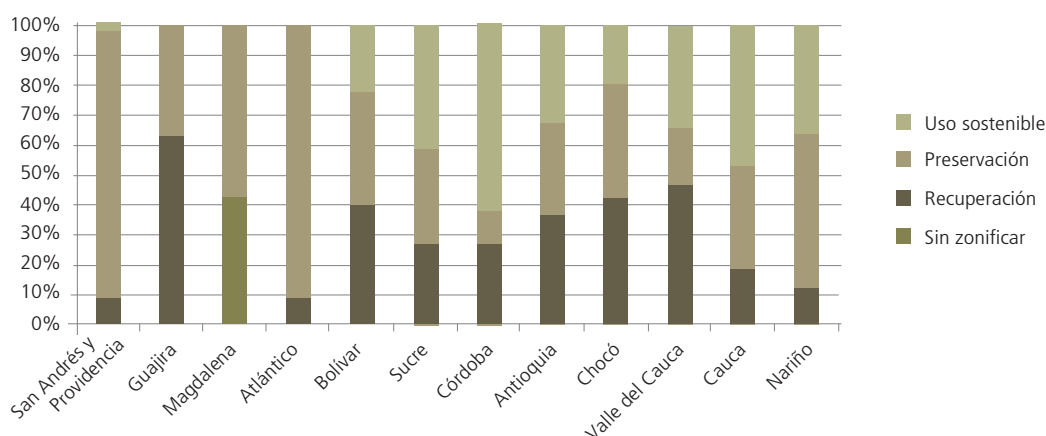
La mayor proporción de áreas destinadas a uso sostenible en el país se localizan en el Pacífico (76%), principalmente en los departamentos de Nariño, Valle del Cauca, Cauca y Chocó, mientras que en el Caribe se presenta el 24% restante distribuida en los departamentos de Córdoba, Sucre, Antioquia y Bolívar. Por otro lado, de las áreas de manglar catalogadas para recuperación, el 75% se localizan en el Pacífico, principalmente en los departamentos de Chocó, Valle del Cauca y Nariño.

Si bien, los departamentos de Atlántico y San Andrés y Providencia presentan la menor extensión de manglar a nivel nacional, tienen cerca del 90% destinado a preservación (Tabla 7-12: Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo, aprobadas o en proceso de aprobación). La Guajira por su parte, ha destinado poco más del 60% de sus áreas para recuperación (Tabla 7-12: Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo, aprobadas o en proceso de aprobación). El departamento de Córdoba, exhibe la mayor proporción de áreas destinadas a uso sostenible (60%). Finalmente, en el Pacífico colombiano las mayores proporciones de áreas de manglar destinadas a la preservación se presentan en Nariño con el 55% de su cobertura, las de uso sostenible en Cauca con 45% y las de recuperación en Valle del Cauca con el 45% (Tabla 7-12: Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo, aprobadas o en proceso de aprobación).

Tabla 7-12. Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo, aprobadas o en proceso de aprobación

Entidad	Departamento	Zonas			Total (ha)
		Uso sostenible	Recuperación	Preservación	
Coralina ¹	San Andrés y Providencia	3,3	19,4	187	209,7
Corpoguajira ²	Guajira		1.598	916	2.514
Corpamag ³	Magdalena			21.106	21.106
Cra ⁴	Atlántico		55	558	613
Cardique ⁵	Bolívar	2.100	3.820	1.081	7.001
Carsucre ⁵	Sucre	5.223	3.425	4.035	12.683
Cvs ⁵	Córdoba	9.933	4.315	1.635	15.883
Corpouraba ⁶	Antioquia	2.285	2.562	2.146	6.993
Codechoco ⁷	Chocó	7.402	17.408	16.505	41.315
Cvc ⁵	Valle del cauca	11.079	14.787	6.207	32.073
Crc ^{8,9,10}	Cauca	8.705	3.495	6.491	18.691
Corponariño ^{11, 12}	Nariño	37.432	10.885	54.429	102.746
Total	84.162,3	62.369,4	115.296	261.827,7	

Figura 7-8. Áreas de manglar zonificadas



7.7 Acciones nacionales y sectoriales de adaptación al cambio climático

Más de 10 años han transcurrido desde que el Invermar, por mandato del entonces Ministerio del Medio Ambiente, se ha dado a la tarea de evaluar la vulnerabilidad de las Zonas Costeras Colombianas frente a los potenciales efectos del Cambio Climático Global y en particular el rápido ascenso del nivel del mar (ANM). Evaluaciones a nivel nacional (Invermar, 2003) han permitido posicionar a Colombia como un país con una mínima contribución de emisión de gases efecto invernadero (Primera Comunicación Nacional), pero con una alta vulnerabilidad en sus costas continentales e insulares frente a los efectos de inundación progresiva, erosión e intrusión marina. La condición de territorios insulares de los Archipiélago de San Andres, Providencia y Santa Catalina al igual que el de Islas del Rosario y San Bernardo, los califican como sitios críticos y prioritarios de intervención, permitiendo el desarrollo de iniciativas piloto de adaptación (Invermar - Coralina, 2011) en el tema monitoreo e información mediante un Sistema de Observación Global de los Océanos (GOOS) del Caribe Occidental y el soporte a la implementación de un sistema de áreas marinas protegidas para contribuir a la capacidad de adaptación de sus ecosistemas marinos.

La incorporación del riesgo asociado al ANM en los esquemas e instrumentos de planificación de los entes territoriales departamentales y municipales ha sido considerada como una estrategia de adaptación adecuada frente a un escenario normativo y legislativo Nacional (Ley 388 de 1997; Conpes 3700) con miras a realizar un manejo integrado del riesgo, permitiendo partir de una posición relativamente avanzada aunque compleja, enfrentar las nuevas amenazas que impone el cambio climático global. Dos áreas consideradas como críticas han sido la base de aproximación hacia una exitosa implementación de esta estrategia de adaptación: San Andrés de Tumaco y Cartagena de Indias (Invermar, 2008). En esta última se encuentra hoy en día en un proceso de consolidación del documento “formulación de los lineamientos de adaptación al cambio climático en Cartagena de Indias”, un derrotero sin duda que abrirá las puertas a futuras implementaciones en otros sectores vulnerables del país.

Dentro de las acciones de fortalecimiento institucional, educación, divulgación y socialización, se cuenta desde el año 2009, con la conformación de una red de Centros de Investigación Marina, cuyo principal foco de estudio son temáticas relacionadas con el cambio climático global, y la cual se presenta como una estrategia de adaptación efectiva tendiente a la reducción de la incertidumbre asociada y con aplicación directa en las zonas marinas y costeras del país. Otra estrategia de adaptación, es la reciente conformación (2010) de un Nodo Regional de Cambio Climático Caribe e Insular, en el cual el Invermar actúa como un ente técnico y científico de asesoría, cuyo fin es el de establecer alianzas estratégicas para actuar coordinadamente en procura de mejorar el ambiente y contribuir al desarrollo sostenible, utilizando como herramientas la educación ambiental, la divulgación y la capacitación, la identificación, promoción y desarrollo de acciones relacionadas con cambio climático, tales como MDL, adaptación, gestión del riesgo y planificación territorial entre otras.

Los estudios que abordan algún aspecto relacionado con la temática de CCG en los cuales el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invermar) ha participado se encuentran descritos con mayor profundidad en el portal temático www.invermar.org.co/cambioclimatico.

7.8 Bibliografía sobre el estado de los ecosistemas, marinos y costeros Colombia

Alonso, D., Ramírez, L. F., Segura-Quintero, C., Castillo-Torres, P., Walschburger, T. & Arango, N. (2008). Hacia la construcción de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas en Colombia. Santa Marta, Colombia: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invermar), Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques nacionales Naturales (UAESPNN) y The Nature Conservancy (TNC).

Batista-Morales, A. & Gómez, D. (2010). Indicadores de estado de conservación de ecosistemas marino costeros de Colombia. Pp. 173 - 212. En: *Invemar. Informe de Estado de los Ambientes y recursos Marinos y costeros en Colombia: Año 2009. Serie de publicaciones periódicas No. 8.* (Invemar, Ed.) Santa Marta, Colombia.

Buchman, M. (2008). *Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs)*. NOAA OryR report 08-1. Seattle, WA: office of response and restoration division, national oceanic and atmospheric administration.

Burke, L., Reyter, K., Spalding, M. & Perry, A. (2011). *Reefs at risk revisited*. World Resources Institutes.

Cadavid, B. C., Bautista, P. A., Espinosa, L. F., Hoyos, A. J., Orjuela, A. M., Parra, J. P., . . . Viloria, E. A. (2011). *Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final.* (Invemar, Ed.) Santa Marta.

Campbell, D. E. (2000). *Using energy system theory to define measure and interpret ecological integrity and ecosystem health. Ecosystem Health*, 6(3): 181-204.

CDB. (1992). *Convenio sobre diversidad biológica. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro. Brasil. Río de Janeiro.*

Cintrón-Molero, G. S.-N. (1983). 1983. *Introducción a la ecología del manglar. Montevideo (Uruguay), Rostlac Unesco.*

Codechocó-IIAP. (2010). *Diagnóstico y zonificación del ecosistema de manglar del Pacífico Chocoano. Quibdó: Codechocó-IIAP.*

Conama. (1986). *Resolución Conama N° 20, de 18 de junio de 1986. Consejo Nacional del Medio Ambiente de Brasil.*

Díaz Merlano, J. M., Barrios Suárez, L. M. & Gómez López, D. I. (2003). *Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y Distribución de un Ecosistema Estratégico. Serie Publicaciones Especiales N° 10.* Santa Marta: Invemar.

Díaz, J. (Barrios, L., Cendales, M., Garzón-Ferreira, J., Geister, J., López-Victoria, M., . . . Zea, S. (2000). *Áreas coralinas de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales 5.* (J. Díaz, Ed.) Santa Marta, Colombia: Invemar.

DNP (2007). *2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino Costero en forma eficiente y sostenible.* Bogotá, Colombia: Dirección Nacional Marítima (Dimar), departamento Nacional Planeación (DNP).

DNP (2011). *Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014: Prosperidad para todos, Más empleo, menos pobreza y más seguridad.* Bogotá, Colombia: departamento Nacional Planeación (DNP).

Field, C. (1997). *La restauración de ecosistemas de manglar. Managua. 211 p.* Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), Sociedad Internacional para los Ecosistemas de manglar. ISME.

Gil-Torres, W., Fonseca, G., Restrepo, J., Figueroa, P., Gutiérrez, L., Gómez, G., . . . Segura-Quintero, C. (2009). *Ordenamiento ambiental de los manglares de la alta, media y baja Guajira.* Invemar.

Guevara-Mancera, O. A., Sánchez-Páez, H., Murcia-Orjuela, G. O., Bravo-Pazmiño, H. E., Álvarez-León, R. & Pinto-Nolla, F. (1998). Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico colombiano. En H. O.-M.-L. Sánchez-Páez, *Proy. PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares de Colombia*. Santafé de Bogotá D. C. (Colombia). Minambiente / Acofore / OIMT.

Hose, G., Gordon, G., McCullough, F., Pulver, N. & Murray, B. (2005). *Spatial and rainfall related patterns of bacterial contamination in Sydney Harbour estuary*. (Vol. 3).

IDEAM (2010). Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "La Niña". Boletín No. 21. 8 de octubre de 2010.

IDEAM (2011). Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "La Niña". Boletín No. 31. 15 de abril de 2011. IDEAM.

Invemar - Coralina (2011). Diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del Caribe colombiano. En: *Proyecto Nacional Piloto de Adaptación (Donación TF 056350). Informe Final*. 2011. The World Bank, GEF, INS, IDEAM, CI, Invemar y Coralina, pp. 69-87.

Invemar (2003). Programa holandés de asistencia para estudios en cambio climático: Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe. En Invemar, *Programa para la Investigación Marina y Costera - GEZ*. Invemar. Vides, M.P., ed. 2003. Santa Marta, Colombia. p. VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD Atlas digital.

Invemar (2005). Actualización y ajuste del diagnóstico y zonificación, de los manglares de la zona costera del departamento Atlántico, Caribe colombiano. Informe final. Santa Marta: Invemar - CRA.

Invemar (2008). Sea level rise coastal adaptation. Technical Report NCAP Colombia Project. ETC Project Number 032135. Marine and Coastal Research Institute. Vides, M.P., ed. Santa Marta, Colombia, 290 p.

Invemar (2009a). Línea base indicador de extensión de pastos marinos. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Santa Marta D.T.C.H., Colombia.

Invemar (2009b). Hoja metodológica indicador extensión de bosque de manglar. (I. d. Invemar, Ed.) Santa Marta D.T.C.H., Colombia.

Invemar (2010). Informe del estado de los recursos Marinos y costeros en Colombia: año 2009. Serie de publicaciones periódicas N°8. Santa Marta: Invemar.

Invemar (22 de Octubre de 2011). Base de datos. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (Redcam). Obtenido de Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia (SIAM): <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>

Invemar. (2012). Hoja metodológica indicador de integridad de bosques de manglar. (I. d. Invemar, Ed.) Santa Marta D.T.C.H., Colombia.

Invemar, TNC, CI & UAESPNN. (2009). Informe Técnico: Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano.

Karr, J. (1991). Biology Integrity: A long-neglected aspect of water resource management. Ecological application, 1(1): 66-84.

Lapointe, B. (Julio de 1997). Nutrient Thresholds for Bottom-Up Control of Macroalgal Blooms on Coral Reefs in Jamaica and Southeast Florida. Limnology and Oceanography, 42(5), 1119-1131.

López-Rodríguez, A., García, M., Sierra-Correa, P., Hernández-Ortiz, M., Machacón, I., Lasso, J., . . . Espriella, J. (2009). Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Serie de documentos generales N° 30. Invemar.

López-Rodríguez, A., Sierra-Correa, P., Rodríguez-Peláez, J., Hernández-Ortiz, M., Muñoz, C., Satizabal, C., . . . Prieto, L. (2009). Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de López de Micay, departamento del Cauca (Pacífico colombiano). Serie de Documentos Generales N° 34. Invemar.

Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R. G., Kay, M. C., . . . Jackson, J. B. (23 de June de 2006). Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. Science.

Marín, B. (2001). Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Informe Técnico Final de Proyecto. Santa Marta: Invemar-Colciencias.

MAVDT (2007). Resolución 026 del 2007. Bogotá.

MAVDT (2007). Resolución 051 del 2007. Bogotá.

MAVDT. (2009). Resolución 2168 del 2009. Bogotá.

MAVDT. (2010). Resolución 0619 del 2010. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente (2002b). Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar. (D. G. Ministerio de Ambiente, Ed.) Bogotá.

MinSalud (1984). Decreto N° 1594 del 26 de junio de 1984. Bogotá.

MMA. (2001). Política Nacional Ambiental Para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (PNAOCI).

MMA (2002). Resolución 0721 del 2002. Bogotá.

MMA (2002). Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar. Ministerio de Ambiente, Dirección General de Ecosistemas.

Ogden, J. (1980). *Faunal relationships in Caribbean seagrass beds. Handbook of seagrass biology*. Garland Publishing, New York, 173-198.

OMS. (2003). *Guidelines for safe recreational water environments. Coastal and fresh waters (Vol. 1)*. Ginebra.

Randall, J. E. (1965). *Grazing Effect on Sea Grasses by Herbivorous Reef Fishes in the West Indies*. *Ecology*, 46(3), 255-260.

Restrepo, J. (2007). *Monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y la fauna asociada con énfasis en las aves y especies de importancia económica como la piangua y el cangrejo azul*. Informe Técnico.

Rodríguez-Peláez, J. C., López-Rodríguez, A., Sierra-Correa, P., Hernández-Ortiz, M., Almario, G., Prieto, L., . . . Martínez, H. (2009). *Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Guapi, departamento del Cauca (Pacífico colombiano)*. Serie de documentos generales N° 33. Invemar.

Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G. A. & Tavera-Escobar, H. A. (2004). *Manejo integral de los manglares por comunidades locales, Caribe de Colombia. Proyecto PD 60/01 REV.1 (F): Manejo sostenible y restauración*.

Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G. R., Álvarez-León, W., Gil-Torres, A., Sánchez-Alfárez, O., Guevara-Mancera, L., . . . Páez-Parrá, F. (2000). *Hacia la recuperación de los manglares del Caribe colombiano. Proyecto PD/171/91 Rev 2 (F) fase II. Etapa II*. (A. O. MinAmbiente, Ed.) Santafé de Bogotá, 294 p.

Short, F. T. & Coles, R. G. (2001). *Global seagrass research methods*. Amsterdam: Elsevier.

Sierra-Correa, P., Sánchez, A., López-Rodríguez, A., Rodríguez-Peláez, J., Muñoz, C., Satizabal, C., . . . Prieto, L. (2009). *Ordenamiento ambiental de los manglares del municipio de Timbiquí, departamento del Cauca (Pacífico colombiano)*. Serie de documentos generales N° 32. Invemar.

Solano, O., Ruiz, C., Villamil, C., García, C., Vega, D., Cortés, F., . . . Sáenz, H. (2009). *Plan de seguimiento y monitoreo de la zona deltaico estuarina del río Sinú (noviembre 2000 a diciembre de 2009)*. Invemar. Informe Final, Fase XII, Noveno año, para la empresa Urrá S.A. E.S.P. Santa Marta: Invemar.

Spalding, M. D. & Blasco, F. (1997). *World mangrove atlas. The International Society for Mangrove Ecosystems*. (C. D. Field, Ed.) Okinawa, Japón.

Spalding, M. D., Blasco, F. & Field, C. D. (1997). *World mangrove atlas. The International Society for Mangrove Ecosystems*. Okinawa, Japón.

Steer, R., Arias-Isaza, F., Ramos, A., Sierra-Correa, P., Alonso, D. & Ocampo, P. (1997). *Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas"*. Documento de consultoría para el Ministerio del Medio Ambiente. Santa Marta.

Ulloa-Delgado, G. A., H. Sánchez-Páez, H., Gil-Torres, W., Pino-Rengifo, J. C., Rodríguez-Cruz, H. & Álvarez-León, R. (1998). *Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano*. En G. H.-P.-L. Ulloa-Delgado, Proyecto PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) *Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia*, (pág. 224 p.). Santafé de Bogotá D. C. (Colombia), MMA / Acofore / OIMT.

Unesco (1984). Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. Manuales y guías No. 13 de la COI.

Vivas-Aguas, J., Tosić, L. M., Sánchez, J., Narvaez, S., Cadavid, B., Bautista, P., . . . Espinosa, L. (2010). Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (Redcam). Informe técnico 2010. Santa Marta: Invemar.

Vivas-Aguas, L. (2011). Formulación del índice de calidad de aguas costeras (ICAM) para los países del Pacífico Sudeste. Documento Metodológico. Proyecto (Spincam). Santa Marta.

Von Prael, H. (1989). Manglares. Villegas Editores. Bogotá Colombia. 207 p.

*Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., . . . Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 12377-12381.*

*Zieman, J. C. (1975). Quantitative and dynamic aspects of the ecology of turtle grass, *Thalassia testudinum*. *Estuarine research* 1, 541-562.*



IDEAM

Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Carrera 10 No. 20 - 30 Bogotá D.C. - Colombia / www.ideam.gov.co